

EUR 31.f

COMMUNAUTÉ EUROPÉENNE DE L'ENERGIE ATOMIQUE – EURATOM

**SYNTHÈSE DE PRODUITS DE RÉFÉRENCE
APPARENTÉS AUX POLYPHÉNYLES**

par

C. BEAUDET - J. HORLAIT - A. MARCQ - G. BELPAIRE

1962



Programme ORGEL

**RAPPORT FINAL ETABLI PAR S.E.R.A.I.
SOCIÉTÉ D'ÉTUDES, DE RECHERCHES ET D'APPLICATIONS POUR L'INDUSTRIE
DANS LE CADRE DU CONTRAT EURATOM N° 002-60-12 ETUB**

AVERTISSEMENT

Le présent document a été élaboré sous les auspices de la Commission de la Communauté Européenne de l'Energie Atomique (Euratom).

Il est précisé que la Commission d'Euratom, ses cocontractants ou toute personne agissant en leur nom :

- 1° — Ne garantissent pas l'exactitude ou le caractère complet des informations contenues dans ce document, ni que l'utilisation d'une information, d'un équipement, d'une méthode ou d'un procédé quelconque décrits dans le présent document ne portent pas atteinte à des droits privatifs.
- 2° — N'assument aucune responsabilité pour les dommages qui pourraient résulter de l'utilisation d'informations, d'équipements, de méthodes ou procédés divulgués dans le présent document.

Ce rapport est vendu au prix de 100 francs belges, sur demande adressée à: PRESSES ACADEMIQUES EUROPEENNES, 98, chaussée de Charleroi, Bruxelles 6.

Le paiement se fait par versement:

- à la BANQUE DE LA SOCIETE GENERALE (Agence Ma Campagne) compte n° 964.558,
- à la BELGIAN AMERICAN BANK and TRUST COMPANY - New York - compte n° 121.86,
- à la LLOYDS BANK (Foreign) Ltd. - 10 Moorgate - London E.C.2,

en mentionnant la référence: « EUR 31.f - Synthèse de produits de référence apparentés aux polyphényles ».

Achévé d'imprimer: Imprimerie Snoeck-Ducaju & Zoon - Bruxelles. Octobre 1962.

EUR 31.f

COMMUNAUTÉ EUROPÉENNE DE L'ENERGIE ATOMIQUE – EURATOM

**SYNTHÈSE DE PRODUITS DE RÉFÉRENCE
APPARENTÉS AUX POLYPHÉNYLES**

par

C. BEAUDET - J. HORLAIT - A. MARCQ - G. BELPAIRE

1962



Programme ORGEL

RAPPORT FINAL ETABLI PAR S.E.R.A.I.
SOCIETE D'ETUDES, DE RECHERCHES ET D'APPLICATIONS POUR L'INDUSTRIE
DANS LE CADRE DU CONTRAT EURATOM N° 002-60-12 ETUB

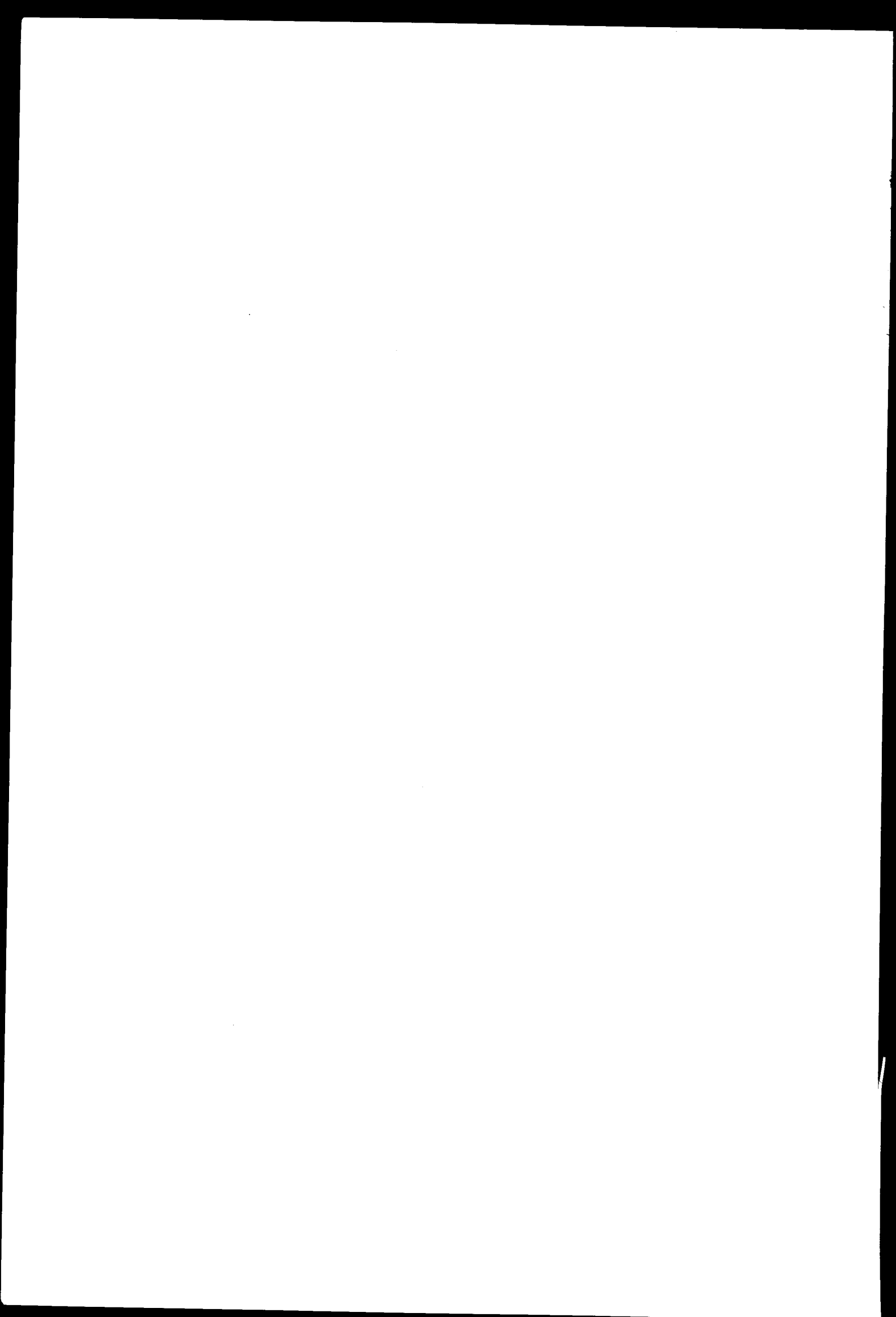


TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	5
1 ^{re} PARTIE : QUATERPHENYLES ET QUINQUAPHENYLES	7
1.1 — Partie théorique	7
1.2 — Partie expérimentale	12
1.2.1 — Préparation des dérivés aminés	12
1.2.2 — Préparation des dérivés halogénés	13
1.2.3 — Préparation des dérivés cétoniques	15
1.2.4 — Préparation des polyhydro-polyphényles	18
1.2.5 — Préparation des polyphényles	26
2 ^{me} PARTIE : HEXAPHENYLES	33
2.1 — Partie théorique	33
2.2 — Partie expérimentale	36
2.2.1 — Procédé général de préparation des hexaphényles	40
3 ^{me} PARTIE : SPECTRES ULTRAVIOLET ET INFRAROUGE RELATIFS AUX PARTIES 1 ET 2	41
3.1 — Spectres ultraviolet	41
3.2 — Spectres infrarouge	57
FIGURES : SPECTRES DANS L'ULTRAVIOLET DES QUATER-, QUINQUA- ET HEXAPHENYLES, repris dans les lettres A-B-C-D-E-F-G-H- K-M-N	58
APPENDICE : Modèles moléculaires relatifs au tableau VI: Polyphény- les: constantes physiques et au tableau IX: Hexaphény- les: constantes physiques	64
PHOTOGRAPHIES : SPECTRES INFRAROUGE RELATIFS AUX QUATER- PHENYLES ET AUX QUINQUAPHENYLES, repris dans le tableau VI	68
SPECTRES INFRAROUGE RELATIFS AUX HEXA- PHENYLES, repris dans le tableau IX	76
BIBLIOGRAPHIE	79

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU	I — Dérivés aminés: conditions opératoires	12
»	II — Dérivés aminés: constantes physiques	12
»	III — Dérivés halogènes	15
»	IV — Réactions de préparation des polyhydropolyphényles	20
»	V — Polyhydropolyphényles: constantes physiques	21
»	VI — Polyphényles: constantes physiques	27
»	VII — Polyhydrohexaphényles: réactions des préparations	37
»	VIII — Polyhydrohexaphényles: constantes physiques	38
»	IX — Hexaphényles: constantes physiques	42
»	X — Maxima d'absorption dans l'ultraviolet	45
»	XI — Extinctions moléculaires des p.polyphényles	53
»	XII — Valeurs de $(\nu_1 - \nu_2)E_{\max}$ pour les p.polyphényles	54
»	XIII — Comparaison des valeurs trouvées et calculées par la relation (b)	54
»	XIV — Variation de l'extinction moléculaire pour les m-polyphényles	55
»	XV — Comparaison des maxima d'absorption des diphényles, quaterphényles et dixénylméthane	55
»	XVI — Maxima d'absorption et configurations	56

SYNTHESES DE PRODUITS DE REFERENCE APPARENTES AUX POLYPHENYLES

RESUME

Le rapport a été établi en conclusion de l'étude effectuée par la Société d'Etudes, de Recherches et d'Applications pour l'industrie « S.E.R.A.I. » pour compte de la Communauté Européenne de l'Energie Atomique « EURATOM » suivant contrat de recherche n° 002-60-12 ETUB, conclu dans le cadre du programme ORGEL.

L'objet de ce contrat comportait des études sur la synthèse de molécules organiques (produits apparentés aux polyphényles) utilisables comme produits de référence dans des recherches de chimie analytique.

On décrit la synthèse de quelques quaterphényles, quinquaphényles et hexaphényles à l'état pur. Certains sont inédits, d'autres font l'objet de nouveaux modes de synthèse et leur purification a été particulièrement poussée.

SUMMARY

The report was drawn up on completion of the study carried out by S.E.R.A.I. for the European Atomic Energy Community under Research Contract No. 002-60-12 ETUB, concluded under the ORGEL programme.

The terms of the Contract included research into the synthesis of organic molecules (products allied to polyphenyls) which could be used as reference products in analytical chemistry research.

Descriptions are given of the synthesis of various tetraphenyls, pentaphenyls and hexaphenyls in their pure state. Some of them are entirely new, others are the subject of new methods of synthesis and work on the purification aspect has been carried to an advanced stage.

INTRODUCTION

On sait que certains réacteurs nucléaires utilisent, en guise de modérateurs et/ou caloporteurs, des mélanges de polyphényles, qui possèdent une stabilité thermique et radiolytique remarquable et une corrosivité réduite. Ces hydrocarbures sont parmi les dérivés organiques les plus appropriés à l'utilisation comme véhicules de chaleur dans les réacteurs.

Ils subissent cependant une décomposition progressive due à la radiolyse et à la pyrolyse, qui se traduit par la formation de produits lourds, ce qui nécessite leur purification.

Afin d'analyser ces fractions lourdes, principalement à des fins de recherche fondamentale, il s'est avéré nécessaire de préparer toute une gamme de polyphényles à l'état pur, afin de disposer d'étalons chimiques de référence. Ceux-ci doivent permettre de préciser la structure des produits dont la température de distillation est supérieure à celle du *p*-terphényle.

On décrit la synthèse de quelques isomères des quater-, quinqu- et hexaphényles.

De plus, la présence de méthane dans les produits gazeux de décomposition des modérateurs organiques suggère la présence de radicaux méthyle susceptibles de conduire à des méthyl-polyphényles: on a donc préparé également le méthyl.4.quaterphényle.3'.4''.

Jusqu'à présent, la littérature chimique fait état d'un certain nombre de quaterphényles, de quinquaphényles et d'hexaphényles. Notre objectif était de synthétiser ces polyphényles par des procédés univoques et de purifier les échantillons au maximum par recristallisations répétées dans différents solvants jusqu'à ce que la température de fusion accuse une valeur maxima, ou par sublimation. Plusieurs critères de pureté ont été utilisés:

Un dérivé est considéré comme pur lorsque, par exemple:

1° — Le remplacement d'un solvant de cristallisation par un autre ne modifie pas la température de fusion. (On notera le faible intervalle de fusion dans le tableau VI.)

2° — La dissolution dans une quantité insuffisante de solvant à l'ébullition fournit trois jets qui présentent la même température de fusion et la même valeur d'extinction moléculaire au maximum d'absorption dans l'ultraviolet:

1^{er} jet: Portion insoluble à l'ébullition

2^{ème} jet: Portion insoluble à 20°

3^{ème} jet: Portion provenant de l'évaporation du filtrat.

3° — Le chromatogramme à température élevée (300° à 400°) sur « silicone rubber gum » n'accuse qu'un seul pic.

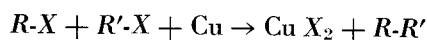
I^{re} PARTIE

QUATERPHENYLES ET QUINQUAPHENYLES

1.1. PARTIE THEORIQUE

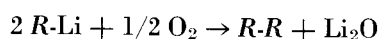
On peut envisager notamment trois modes de synthèse pour les polyphényles:

1° — La condensation d'*Ullmann* qui consiste à faire réagir deux molécules de dérivé halogéné aromatique sur du cuivre activé:



Si les groupes *R* et *R'* sont différents, la réaction conduit pratiquement à un mélange de produits de réaction *R-R R-R' R'-R'* dont la séparation peut présenter dans certains cas des difficultés appréciables.

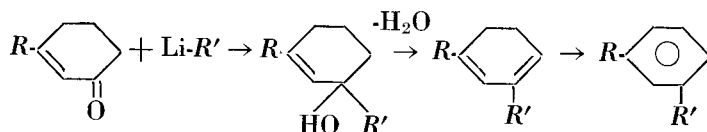
2° — L'oxydation de dérivés organolithiques par l'oxygène pur:



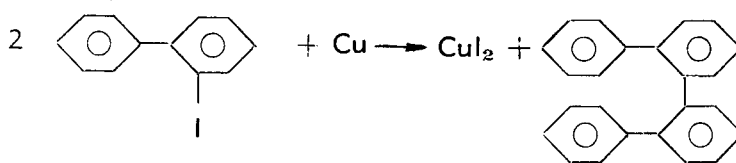
Les produits secondaires dont la présence a été observée au cours de cette réaction sont des phénols.

Ici encore, ce type de condensation s'applique mal à la préparation de dérivés dissymétriques *R-R'*.

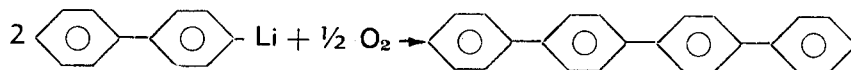
3° — La déshydrogénation des dihydro-polyphényles obtenus eux-mêmes par la condensation de cétones cyclaniques (ou cycléniques) avec des dérivés organolithiques:



La condensation d'*Ullmann* a été utilisée pour la préparation du quaterphényle.2'.2''.(1.3):



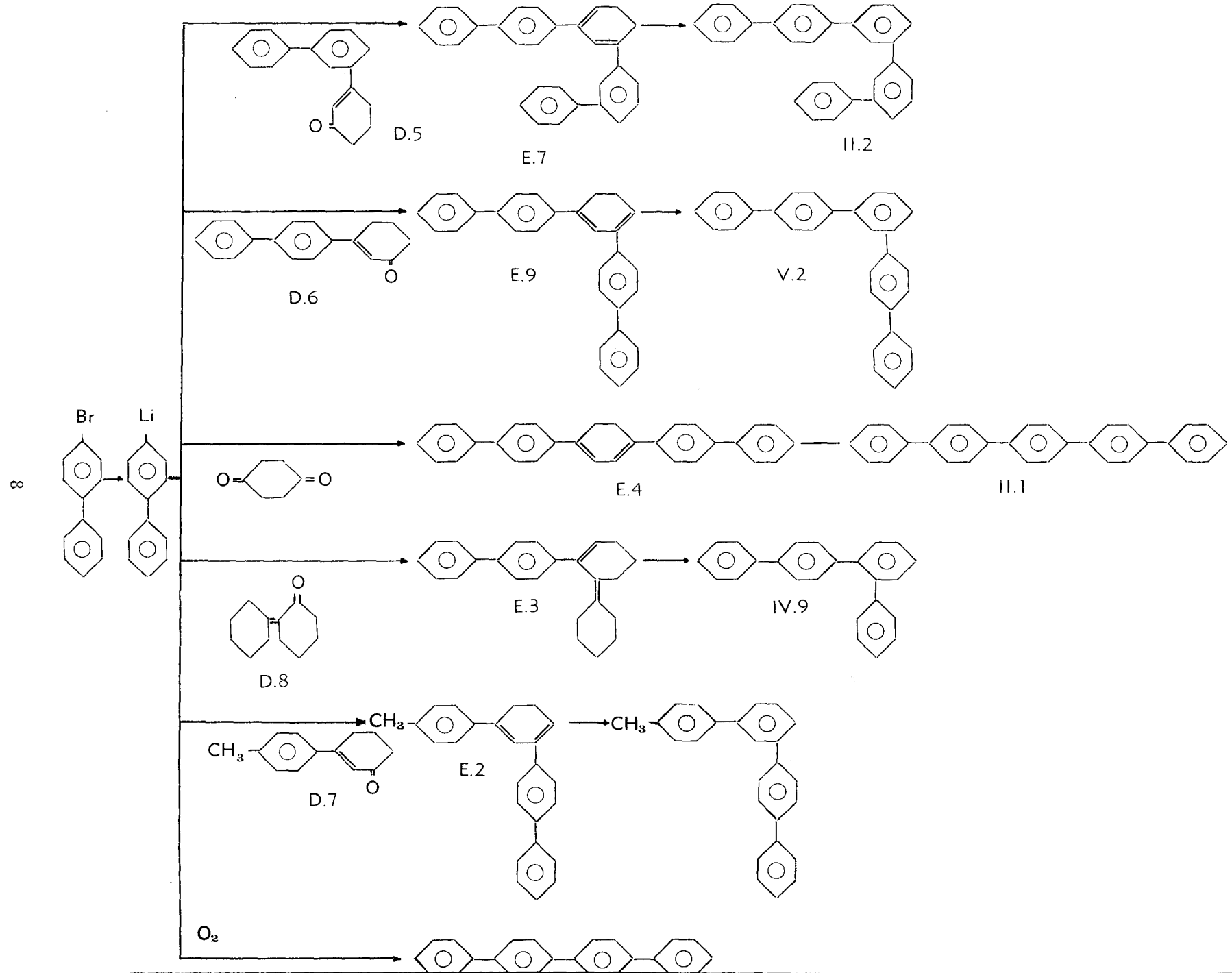
Par oxydation du lithium.4.diphényle, nous avons obtenu le quaterphényle.4'.4''.: :

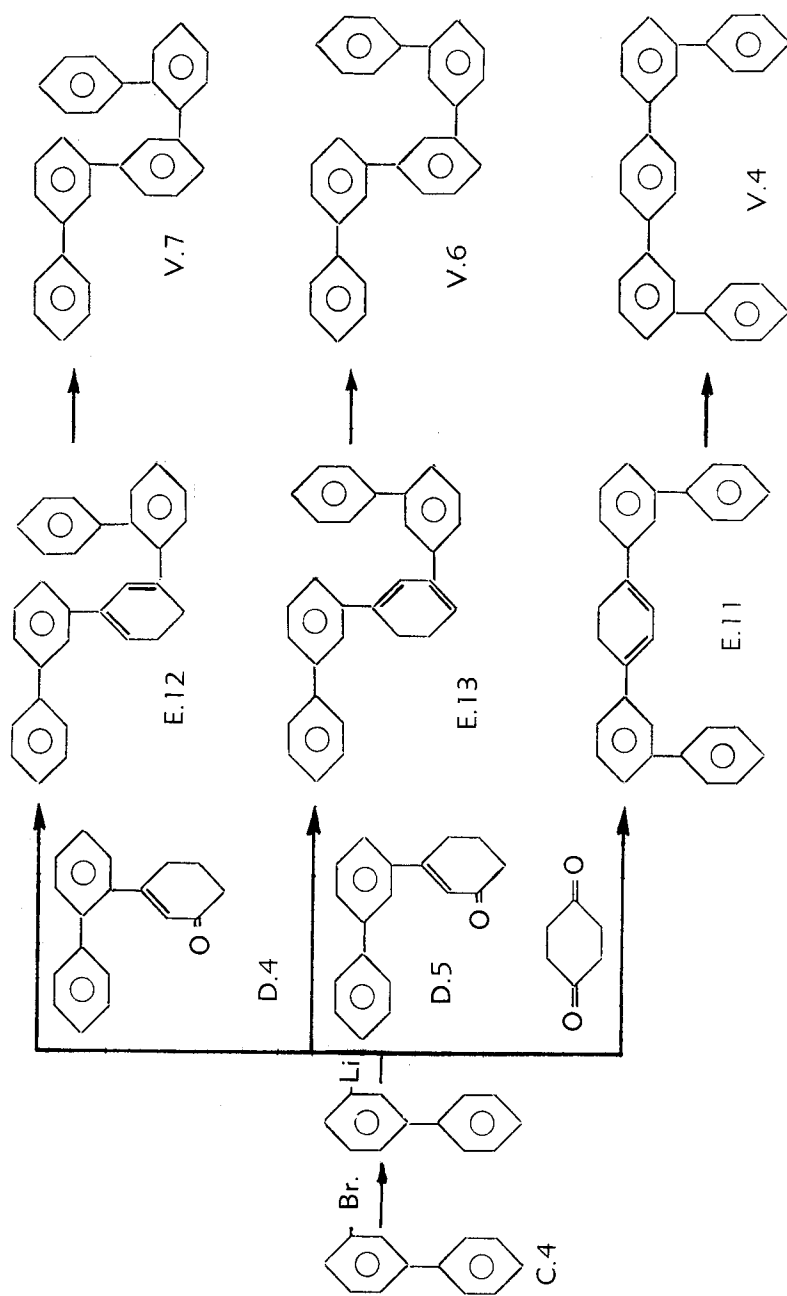


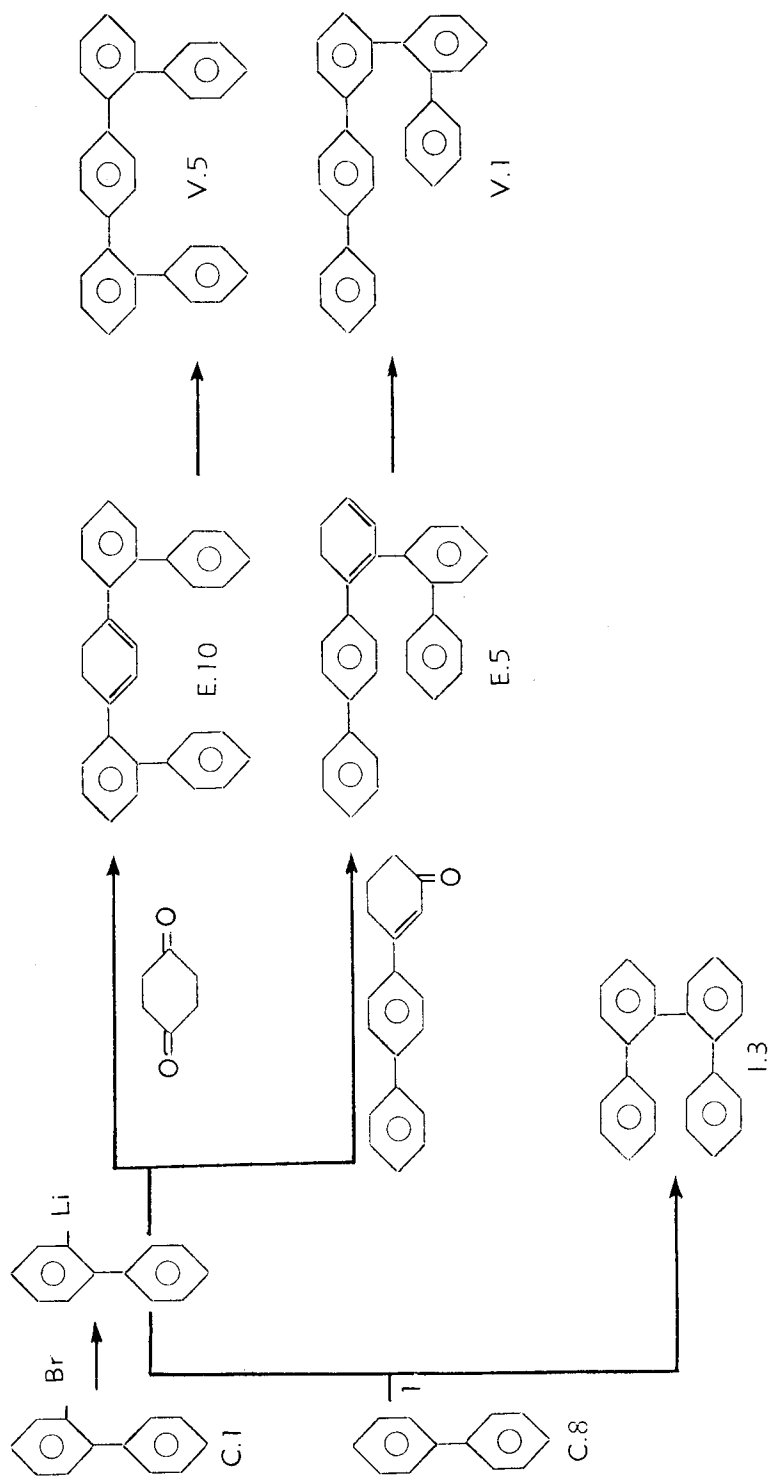
La troisième méthode nous a permis de préparer les polyphényles qui font l'objet du tableau VI.

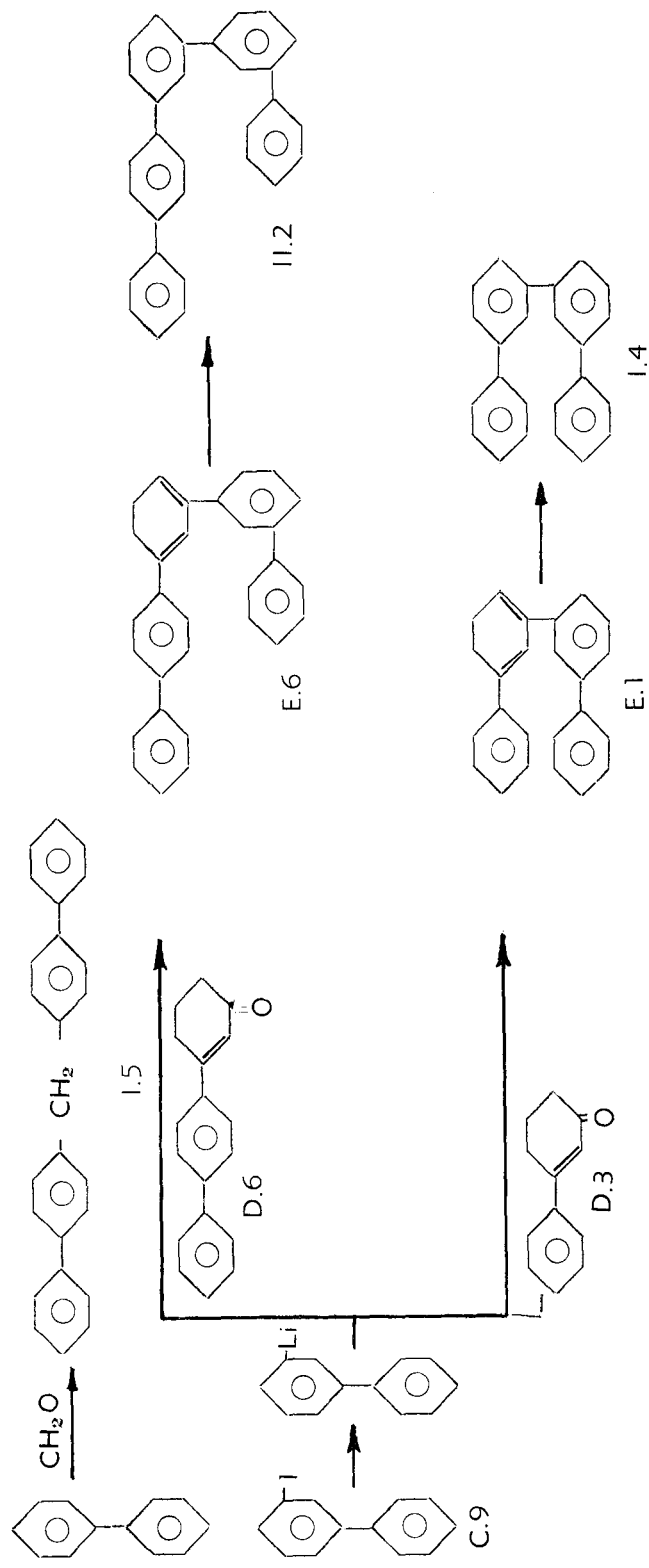
On trouvera aux pages suivantes les schémas de réaction.

SCHEMA DE PREPARATION DE TETRA-ET QUINQUAPHENYLES









1.2. PARTIE EXPERIMENTALE

Les températures de fusion corrigées ont été réperées à l'aide de l'appareil de *Tottoli*; l'élévation de température était de 1° par minute, les thermomètres utilisés étaient des thermomètres contrôlés *Auschütz* dont l'exactitude fait périodiquement l'objet d'une vérification par rapport à des substances-étalons.

Les tracés des courbes d'absorption dans l'ultraviolet et le visible ont été effectués à l'aide d'un spectrophotomètre de *Beeckmann* modèle DU, dont l'étalonnage a été fait par nos soins suivant les recommandations de l'*American Chemical Society*.

1.2.1. Préparation des dérivés aminés dudiphényle

On dissout le dérivé nitré correspondant dans une quantité suffisante d'alcool éthylique absolu. On ajoute 1 % d'oxyde de platine selon *Adams* (10 mg par g de dérivé nitré) et procède à l'hydrogénation dans l'appareil de *Parr* sous une pression initiale de 5 à 6 atü.

Quand la fixation d'hydrogène est complète, on sépare le catalyseur par filtration, chasse le solvant par distillation sous pression réduite.

Le résidu est purifié par distillation sous vide poussé ou par recristallisation.

Les tableaux I et II résument les conditions opératoires et les caractéristiques des produits obtenus.

Tableau I
DERIVES AMINES : CONDITIONS OPERATOIRES

		Conditions d'hydrogénation		Rendement
		Température	Durée	
B.1	Amino.2.diphényle	20°	0,25 h	77 %
B.2	Amino.3.diphényle	20°	1,5 h	88 %
B.3	Méthyl.4.amino.4'.diphényle	70°	0,25 h	100 %
B.4	Méthyl.4.amino.2'.diphényle	50°	8 h	85 %

Tableau II
DERIVES AMINES : CONSTANTES PHYSIQUES

	F.	Ebullition	Chlorhydrate	Références d'origine bibliographique		
				N° Réf.	F.	Eb
B. 1	48° - 49°	110°/0,01 mm	F.: 235°N ₂ 6,88% (Calc. 6,8 %)	(1)	F.: 49°	Eb ₁₅ : 170°
B. 2	37° - 38°	120°/0,01 mm		(2)	F.: 30°	Eb ₁₅ : 195°
B. 3	98°1 - 98°5	—		(3)	F.: 97°	
B. 4	—	101-102°/0,1 mm				

1.2.2. Préparation des dérivés halogénés

1° — *Bromo.2.diphényle* C.1

a) On prépare d'abord une solution de bromure cuivreux en soumettant à l'ébullition sous reflux pendant 4 h un mélange de:

Sulfate de cuivre cristallisé:	31,5 g = 0,125 M.
Rognures de cuivre:	10 g = 0,155 at.g
Bromure sodique (à 98 %):	58 g = 0,55 M.
Eau:	500 ml
Acide sulfurique:	8,15 ml

On parachève la réduction par addition de 2 à 3 g de sulfite sodique.

b) On porte à 90° sous vive agitation un mélange de:

Amino.2.diphényle:	84,5 g = 0,5 M.
Eau:	500 ml
Acide sulfurique:	53,3 ml

Sous agitation très vive, on refroidit à 15° afin d'obtenir de très petits cristaux de sulfate d' amino.2.diphényle.

En 1/4 h, on ajoute entre 15° et 20° une solution de:

Nitrite sodique:	35 g = 0,5 M.
Eau:	62,5 ml

c) On place la solution de bromure cuivreux dans un ballon de 3 l plongé dans un bain à 110° et muni d'un tube d'arrivée de vapeur d'eau, d'une ampoule à brome et d'un condenseur oblique.

En même temps qu'on fait arriver la vapeur d'eau, on laisse couler peu à peu la solution de diazoïque dans le mélange cuivreux (durée: 2 h).

Après refroidissement, le contenu du ballon est soumis à l'extraction par l'éther.

L'extrait éthéré, mélangé à l'huile qui a été entraînée par l'eau, est lavé à l'eau, à l'acide sulfurique concentré, enfin à l'eau. On sèche sur chlorure calcique, chasse le solvant et rectifie sous pression réduite. On obtient 81 g (rendement: 70 %) de bromo.2.diphényle:

Eb._{0,3} : 90° [4]

$n_D = 1,6260$ à 22°.

[4] : Eb₁₁ : 160°.

2° — *Bromo.3.diphényle* C.4

Nous avons utilisé la méthode de *Huber* [5] modifiée par *G. Hammond* [6] au départ d'amino.2.diphényle.

Amino.2.diphényle B.1
↓ 91 %
Acétamino.2.diphényle B.5
↓ 97 %
Acétamino.2.bromo.5.diphényle C.2
↓ 87 %
Amino.2.bromo.5.diphényle C.3
↓ 51 %
Bromo.3.diphényle C.4

Le bromo.3.diphényle est purifié par chromatographie sur alumine (en solution dans l'éther de pétrole léger). Il présente les caractéristiques ci-après:

Eb._{0.1} : 94° [5 - 6]
 $n_D = 1,6396$ à 23°.

3° — *Méthyl.4.iodo.4'.diphényle* C.7

a) A 48 ml d'acide sulfurique à 0°, on ajoute, en agitant vivement, 8 g de nitrite sodique. On porte le mélange à 70° - 80°, puis refroidit à 10° environ.

b) En maintenant la température en dessous de 25°, on ajoute peu à peu ce mélange à une solution de méthyl.4.amino.4'.diphényle B.3 (14,6 g) dans l'acide acétique glacial (190 ml).

Quand la solution est devenue limpide, on ajoute 600 g de glace pilée, puis, sous vive agitation, 13 g d'urée.

c) On traite par une solution d'iodure sodique (19 g dans 100 ml d'eau), agite pendant 1 h, puis abandonne au repos pendant 1 h encore.

Après réduction de l'iode présent par addition d'un excès de sulfite sodique, on extrait par l'éther, lave soigneusement la couche organique avec une solution aqueuse de sulfite sodique, puis au bicarbonate et sèche sur sulfate de magnésium. Après évaporation du solvant, on recristallise le résidu dans l'alcool éthylique à 95 %.

On obtient 4,6 g de méthyl.4.iodo.4'.diphényle fondant à 146° - 148°.

Teneur en iode: 42,8 % (Calc. : 43,1 %).

4° — *Iodo.4.diphényle* C.12

A un mélange vigoureusement agité à 34° - 36° de:

Diphényle:	38,5 g
Acide acétique:	100 ml
Acide sulfurique:	27,5 ml
Iode:	31,8 g

on ajoute, en 1 h, 4,8 ml d'HNO₃ concentré.

On agite encore pendant 5 minutes, puis on entraîne l'iode et le diphényle non transformés par la vapeur.

Le résidu est purifié par recristallisation dans l'acide acétique.

On obtient des cristaux (25,4 g) fondant à 110° [7]

[7] : F. : 114°

Les constantes physiques des dérivés halogénés sont résumées dans le tableau III.

Tableau III
DERIVES HALOGENES

		F.	Eb.	n_D	Références d'origine bibliographiques		
					N° réf.		
C. 1	Bromo.2.diphényle	—	90°/0,3 mm	1,6260 à 22°	[4]		Eb ₁₁ : 160°
C. 2	Acétamino.2.bromo.5.diphényle	125°-126°	—	—	[5]	F.: 127°	
C. 3	Amino.2.bromo.5.diphén.	55°	—	—	[5]	F.: 53°-56°	
C. 4	Bromo.3.diphényle	—	94°/0,1 mm	1,6396 à 23°	[6]		Eb ₁₁ : 158°-166° Eb ₄ : 177° n _D : 1,6390 à 25°
C. 5	Bromo.4.p.terphényle	222°-224°	—	—	[8]	F.: 234°	
C. 6	Bromo.4'.m.terphényle	—	164°/0,1 mm	—	[8]	F.: 55°-56°	Eb _{1,5} : 183°
C. 7	Méthyl.4.iодо.4'.diphényle	146°-148°	—	—	—	—	
C. 8	Iodo.2.diphényle	—	110°/0,2 mm	1,6582 à 21°	[9]		Eb ₁₀ : 189°-192°
C. 9	Iodo.3.diphényle	—	120°/0,1 mm	—	[9]		Eb ₁₀ : 188°-189°
C. 10	Diiodo.4.4'.diphényle	201°-202°	—	—	[10]	(202°)	
C. 11	Dibromo.4.4'.diphényle	165°-166°	—	—	[11]	(165°)	
C. 12	Iodo.4.diphényle	110°	—	—	[7]	F.: 114°	

1.2.3. Préparation des dérivés cétoniques

1° — *Ethoxy.3.Δ².cyclohexénone* D.1

Par la méthode de *G.F. Woods* [12] au départ de:

Dihydrorésorcine:	200 g
Nitrate d'argent:	380 g
Soude caustique N:	1,2 l
Iodure d'éthyle:	390 g

nous avons obtenu l'éthoxy.3.Δ².cyclohexénone pure avec un rendement de 73 %.

Caractéristiques:

Eb._{0,1-0,2} : 72° - 74°

[12] : Eb.₁ : 95° - 105°.

n_D : 1,562 à 22°

2° — Phényl.2.cyclohexanone D.2

A une solution vigoureusement agitée de:

Phényl.2.cyclohexanol (cis + trans): 62 g (0,35 M.)

Acide acétique glacial: 150 ml

on ajoute goutte à goutte (8 h) une solution de:

Anhydride chromique: 28 g (0,28 M.)

Acide acétique: 80 ml

Eau: 20 ml

Après abandon pendant 24 heures à la température du laboratoire, on verse le mélange sur 500 ml d'eau distillée, extrait par du benzène (1,450 ml), lave la solution benzénique avec une solution saturée de bicarbonate sodique, puis à l'eau, et sèche finalement sur sulfate de magnésium.

Après distillation du solvant, on rectifie le résidu sous vide poussé (Eb. : 66° - 68° sous 0,05 mm). Par recristallisation du distillat dans l'éther de pétrole léger (30° - 50°), on obtient des cristaux blancs fondant à 50° - 51°.

Price [13] attribuée à la phényl.2.cyclohexanone les caractéristiques suivantes:

F. : 52°5 - 54°5

Eb.₁₆ : 155° - 160°

3° — Phényl.3.Δ².cyclohexénone D.3

Dans un ballon de 500 ml à 3 tubulures muni d'un agitateur, d'un thermomètre, d'un réfrigérant ascendant, d'une ampoule à brome et d'un tube d'arrivée d'azote sec, on place:

Butyl-lithium 6 N (hexane): 17 ml (0,1 M.)

Ether éthylique absolu: 70 ml

On refroidit à 10° et ajoute peu à peu 15,7 g de bromo-benzène dissous dans 60 ml d'éther absolu.

On agite pendant 1/2 h à la température du laboratoire, puis refroidit la solution de phényl-lithium à 5°.

On introduit rapidement une solution d'éthoxy.3.Δ².cyclo-hexénone (17,5 g = 0,125 M.) dans l'éther absolu (50 ml), agite pendant 1/2 h à 20°, puis soumet le mélange à l'ébullition sous reflux pendant 1/4 h.

Après refroidissement à 5° - 10°, on acidifie par addition d'acide sulfurique à 10 % (10 ml); on agite pendant 1 h, chasse l'éther par distillation et soumet le résidu à l'entraînement par l'eau afin de séparer les composés volatils présents.

Par extraction du résidu par l'éther, lavage de la solution étherée au bicarbonate et à l'eau, séchage sur sulfate de magnésium et distillation du solvant, on obtient finalement des cristaux jaunes fondant à 57° - 65° (15 g Rendement: 87 %). Par recristallisation dans l'éther de pétrole (30° - 50°), le P.F. se stabilise à 64°8.

F. de la dinitro.2.4.phénylhydrazone : 228° - 229°.

Par action de l'éthoxy.3.cyclohexénone sur le bromure de phényl-magnésium, G.F. Woods [12] a préparé cette même cétone de F. 64°5 - 66°.

4° — *o*.xényl.3.Δ².cyclohexénone D.4

En suivant le même mode opératoire que pour la phényl.3.cyclohexénone, au départ de:

Bromo.2.diphényle :	23,3 g (0,1 M.)
Butyl-lithium 6 N (hexane) :	17 ml (0,1 M.)
Ethoxy.3.Δ ² .cyclohexénone :	14 g (0,1 M.)
Ether absolu :	170 ml

nous avons obtenu l'*o*.xényl.3.Δ².cyclohexénone, avec un rendement de 40 %.

F. après recristallisation dans l'éther de pétrole (60° - 80°) : 104° - 105°.

G.F. Woods [14] a préparé cette même cétone par réaction de l'éthoxy.3.cyclohexénone sur l'iode de *o*.xénylmagnésium et signale une température de fusion de 104°5 à 105°5.

5° — *m*.xényl.3.Δ².cyclohexénone D.5

Par un procédé identique, au départ de:

Iodo.3.diphényle:	14 g (0,05 M.)
Butyl-lithium 6 N (hexane) :	9 ml
Ethoxy.3.Δ ² .cyclohexénone:	8,75 g (0,0625 M.)
Ether absolu:	160 ml

on prépare la *m*.xényl.3.Δ².cyclohexénone avec un rendement de 75 %. Cette cétone se présente sous la forme d'une huile jaune très visqueuse.

La dinitro 2.4.phénylhydrazone fond à 213°5 - 214°5.

G.F. Woods [15] lui attribue une température de fusion de 210°.

6° — *p*.xényl.3.Δ².cyclohexénone D.6

Par réaction de l'éthoxy.3.Δ².cyclohexénone (14 g) sur le *p*.xényl-lithium (Bromo.4.diphényle + Butyl-lithium) dans l'éther absolu (350 ml), on obtient la *p*.xényl.3.Δ².cyclohexénone (F. : 165° - 169°) avec un rendement de 77 %.

[16] : F. : 166° - 167°.

7° — *p.tolyl.3.Δ².cyclohexénone* D.7

Par action du *p.tolyl-lithium* (*p.bromotoluène* 13,7 g = 0,08 M. + *butyl-lithium* 6 N (13,5 ml) sur l'éthoxy.3.Δ².cyclohexénone (10,5 g = 0,075 M.) en solution étherée, on prépare la *p.tolyl.3.Δ².cyclohexénone* (F. 57° - 58°) avec un rendement de 82 %.

La recristallisation dans l'éther de pétrole léger élève la température de fusion à 60° - 61°.

Par action de l'éthoxy.3.cyclohexénone sur le bromure de *p.tolylmagnésium*, *G.F. Woods* [14] a préparé la *p.tolyl.3.Δ².cyclohexénone* avec un rendement de 51,7 %.

Cette cétone, dont la température de fusion n'est pas mentionnée, est décrite comme étant un solide distillant à 154°/0,5 mm.

8° — *Cyclohexylidène-cyclohexanone* D.8

Par le procédé de *Kunze* [17], on soumet à l'ébullition sous reflux pendant 10 h un mélange de:

Cyclohexanone:	200 g
Alcool méthylique:	600 ml
Acide sulfurique concentré:	110 ml

Après 24 h de repos à 0°, on essore les cristaux qui se séparent (dodécahydrotri-phénylène) et rectifie soigneusement la couche huileuse présente.

Eb.₁₄ : 141° - 143°

[17] : Eb.₁₈ : 144° - 146°.

$n_D = 1,5050$ à 22°5.

1.2.4. Préparation des polyhydro-polyphényles

La condensation des dérivés lithiques avec les diverses cétones s'effectue suivant un mode opératoire général que nous décrivons ci-dessous en prenant comme exemple la synthèse du dihydro.5'.6'.méthyl.4.quaterphényle.3'.4''. (Composé E.2).

L'appareil est constitué d'un ballon de 250 ml à trois tubulures muni d'un agitateur, d'un tube d'arrivée d'azote sec, d'un réfrigérant ascendant et d'une ampoule à brome.

On place dans le ballon 5,5 ml (0,033 M.) de solution 6 N de *butyl-lithium* dans l'hexane et 40 ml d'éther absolu.

On refroidit à 0° + 5° et ajoute peu à peu par l'ampoule une solution de bromo.4.diphényle (7,7 g = 0,033 M.) dans l'éther absolu (60 ml). On agite pendant 1/2 h sans refroidissement extérieur.

On refroidit de nouveau à 5° environ et ajoute goutte à goutte 5,58 g (0,03 M.) de *p.tolyl.3.Δ².cyclohexénone* dissoute dans 75 ml d'éther absolu. On soumet le mélange à l'ébullition sous reflux pendant 1,30 h. On refroidit à 0° et traite prudemment par 35 ml d'acide sulfurique 3.6 N. On chasse l'éther par distillation, puis on soumet le résidu à l'entraînement par l'eau afin d'éliminer les produits volatils.

On extrait le résidu par l'éther (400 ml), puis par le benzène (900 ml). Les extraits mélangés sont séchés sur sulfate de magnésium. On filtre et concentre le filtrat à siccité par évaporation sous pression réduite.

Le résidu jaune pâle (9,2 g - Rendement: 95 %) est purifié par recristallisation dans un mélange alcool - benzène (1 : 1).

Remarques:

Dans le cas des diènes E.7, E.10 et E.11, nous avons utilisé le benzène comme solvant pour dissoudre le dérivé cétonique choisi.

Les tableaux III et IV résument respectivement les conditions de recristallisation des diènes et leurs propriétés physiques.

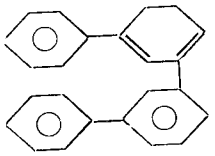
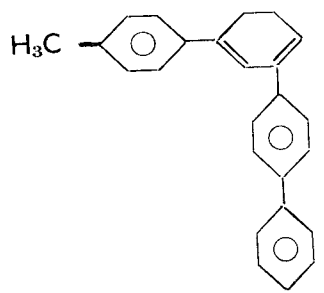
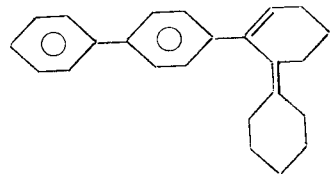
Les dérivés inédits sont signalés par un astérisque (*).

Tableau IV

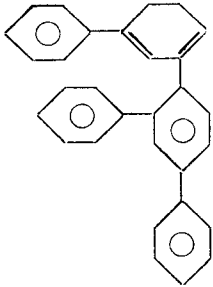
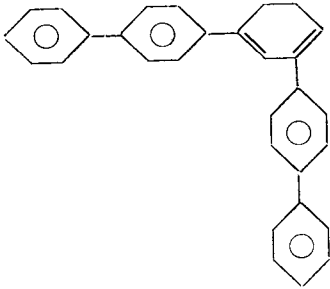
REACTIONS DE PREPARATION DES POLYHYDROPOLYPHENYLES

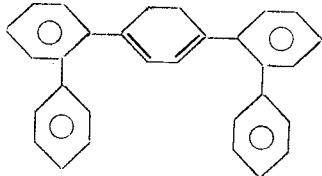
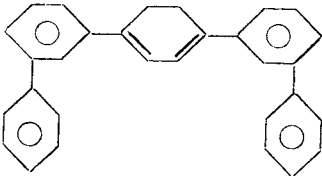
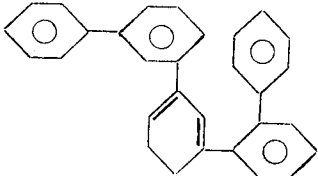
	Solvant (recristallisation)	Rendement
Iodo.3.diphényle (C.9) + Phényl.3.Δ ² . cyclohexénone (D.3) Dihydro.5'.6' quaterphényle.3'.3''.	→ (E.1)	
Bromo.4.diphényle + p.tolyl.3.Δ ² . cyclohexénone (D.5) Méthyl.4.dihydro.5'.6'.quaterphényle.3'.4''.	→ (E.2)	Alcool - benzène 95 %
Bromo.4.diphényle + Cyclohexylidène- cyclohexanone (D.8) (Diphényl.4'.)1.cyclohexylidène.2. cyclohexène	→ (E.3)	— 100 %
Bromo.4.diphényle + Cyclohexane-dione 1.4 Dihydro.2''.3''.quinquaphényle.4'.4''.4'''.	→ (E.4)	Quinoléine 60 %
Bromo.2.diphényle (C.1) + p.xényl.3. Δ ² .cyclohexénone (D.6) Dihydro.5''.6''.quinquaphényle.4'.3''.2'''.	→ (E.5)	Alcool - benzène 72 %
Iodo.3.diphényle (C.9) + p.xényl.3. Δ ² .cyclohexénone (D.6) Dihydro.5''.6''.quinquaphényle.4'.3''.3'''.	→ (E.6)	Alcool éthylique 40 %
Bromo.4.diphényle + m.xényl.3.Δ ² . cyclohexénone (D.7) Dihydro.4''.5''.quinquaphényle.4'.3''.3'''.	→ (E.7)	Alcool éthylique 80 %
Bromo.4'.m.terphényle (C.6) + Phényl. 3.Δ ² .cyclohexénone (D.3) Dihydro.5'.6'.quinquaphényle.3'.2''.4''.	→ (E.8)	—
Bromo.4.diphényle + p.xényl.3.Δ ² . cyclohexénone (D.6) Dihydro.5''.6''.quinquaphényle.4'.3''.4'''.	→ (E.9)	Toluène 93 %
Iodo.2.diphényle (C.8) + Cyclohexane- dione.1.4 Dihydro.5''.6''.quinquaphényle.2'.4''.2'''.	→ (E.10)	— 82 %
Bromo.2.diphényle (C.1) + Cyclohexane- dione.1.4	→	—
Bromo.3.diphényle (C.4) + Cyclohexane- dione.1.4 Dihydro.5''.6''.quinquaphényle.3'.4''.3'''.	→ (E.11)	o.xylène 38 %
Bromo.3.diphényle (C.4) + o.xényl.3. Δ ² .cyclohexénone (D.4) Dihydro.4''.5''.quinquaphényle.3'.3''.2'''.	→ (E.12)	Alcool - éther de pétrole 60 %
Bromo.3.diphényle (C.4) + m.xényl.3. Δ ² .cyclohexénone (D.7) Dihydro.5''.6''.quinquaphényle.3'.3''.3'''.	→ (E.13)	— 96,5 %

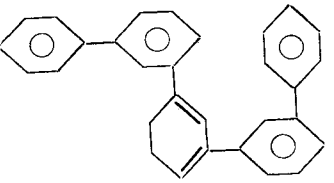
Tableau V
POLYHYDROPOLYPHENYLES : CONSTANTES PHYSIQUES

Désignation	Structure	F.	Absorption dans l'U.V.			Réf.
			Solvant	λ_{\max}	E_{mol}	
* E. 1		—	—	—	—	—
* E. 2		177°— 178°5	—	—	—	—
* E. 3		Huile	—	—	—	—

Désignation	Structure	F.	Absorption dans l'U.V.			Réf.
			Solvant	λ_{\max}	E_{moi}	
E. 4		373° (362°— 363°)	Chloroforme	290 m μ	36.000	[18]
E. 5		100°			—	
E. 6		155° (148°— 149°)			—	[15]
* E. 7		150°			—	

Désignation	Structure	F.	Absorption dans l'U.V.			Réf.
			Solvant	λ_{max}	E_{mol}	
* E. 8		Huile				
E. 9		269°5— 270° (265°— 269°)	Chloroforme	282 m μ	44.000	[16]

Désignation	Structure	F.	Absorption dans P.U.V.			Réf.
			Solvant	λ_{max}	E_{mol}	
* E. 10			Cyclohexane	330 $m\mu$	7.220	
* E. 11		172°6— 173°6	Cyclohexane	240 $m\mu$ 248 $m\mu$ 350 $m\mu$	44.800 45.900 18.700	
E. 12		99°— 101°	Cyclohexane	240 $m\mu$ 310 $m\mu$	69.200 18.300	

Désignation	Structure	F.	Absorption dans l'U.V.			Réf.
			Solvant	λ_{max}	E_{m01}	
E. 13		Huile				

* Les composés dont les noms sont précédés d'un astérisque sont inédits.

1.2.5. Préparation des Polyphényles

1° — *p*.Quaterphényle (I.1)

Dans un ballon à trois tubulures de 250 ml, muni d'un agitateur, d'un thermomètre, d'un réfrigérant ascendant, d'une ampoule à brome et d'un tube d'arrivée d'azote sec, on place 16,6 ml de solution 6 N de butyl-lithium dans l'hexane (0,1 M.) et 70 ml d'éther absolu. On refroidit à 10° et ajoute peu à peu en agitant une solution de bromo.4.diphényle (23,3 g = 0,1 M.) dans l'éther absolu).

Après 1/2 h d'agitation à la température du laboratoire, on refroidit le ballon par un bain de glace et remplace le courant d'azote par un léger courant d'oxygène ce qui provoque le reflux spontané du mélange. Quand la réaction s'est calmée, on balaye à nouveau par un courant de gaz inerte, on ajoute 50 ml d'eau, puis 50 ml de solution aqueuse à 10 % de soude caustique. On sépare le précipité par filtration. On lave à l'eau et purifie le produit brut par recristallisations répétées dans l'anhydride acétique.

On obtient le *p*.quaterphényle sous la forme de cristaux blancs fondant à 315° C.

2° — Procédé général de déshydrogénation des hydro-polyphényles

Dans un ballon surmonté d'un réfrigérant à air, on place:

Hydro-polyphényle:	10 g
Pd à 10 % sur charbon:	4 g
<i>p</i> .cymène:	100 ml

On soumet le mélange à l'ébullition (bain métallique) sous reflux pendant 3 h. On sépare le catalyseur par filtration à chaud, lave sur filtre avec du benzène et évapore le filtrat à siccité sous pression réduite. Les produits bruts ainsi obtenus sont purifiés soit par recristallisation dans divers solvants, soit par sublimation jusqu'à obtenir une température de fusion maximale.

Le tableaux VI rend compte des solvants utilisés et des constantes physiques des produits obtenus.

3° — Dixénylméthane (I.5)

Suivant la méthode générale de *I.G. Matveev* [19], on maintient pendant 1,30 h à 75° - 80° un mélange de:

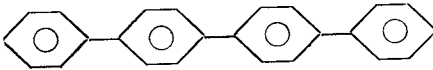
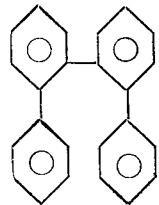
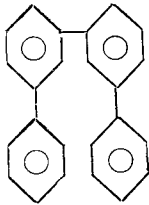
Diphényle:	85 g
Formol à 37 %:	75 g
Acide acétique glacial:	314 g

Après refroidissement, on verse le mélange sur 2 l d'eau, et essore le précipité. On lave par mise en suspension dans l'eau et neutralisation du mélange à P_H 7 à l'aide d'une solution de bicarbonate sodique.

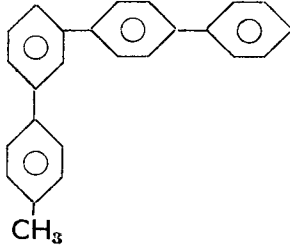
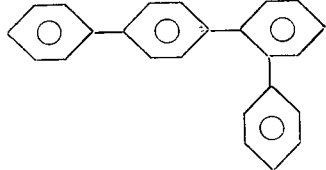
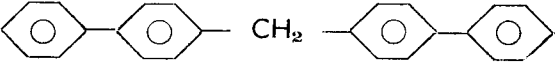
On soumet le produit brut à la distillation sous vide poussé afin de séparer le diphényle inaltéré. On recueille la fraction qui distille entre 200° et 250° sous 0,01 à 0,3 mm. Par recristallisation fractionnée dans la ligroïne, on obtient finalement le dixénylméthane pur:

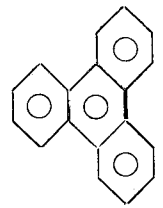
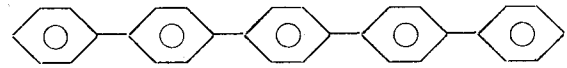
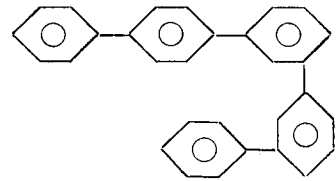
Poids moléculaire: 320 (méthode de *Rast*)
Température de fusion: 162°1 à 162°5.

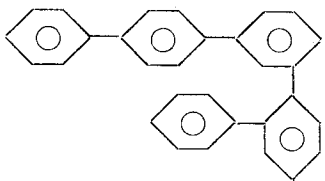
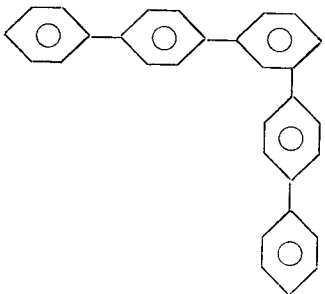
Tableau VI *
POLYPHENYLES : CONSTANTES PHYSIQUES

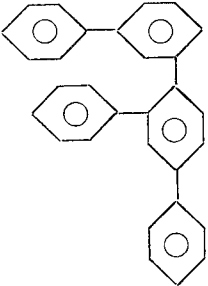
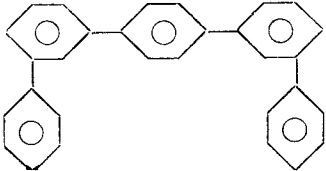
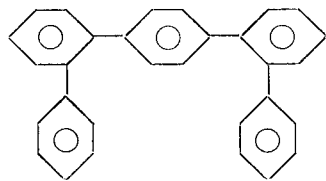
Substance	Solvant	P.M. trouvé	P.M. calculé	F.	Réf.
I.1 Quaterphényle.4'.4'' 	anhydride acétique	—	306.4	315° (310°)	[18]
I.3 Quaterphényle.2'.2'' 	alcool éthylique	—	306.4	118°6 (118°-119°)	[9]
I.4 Quaterphényle.3'.3'' 	alcool éthylique	—	306.4	84.°4 (86°)	[9]

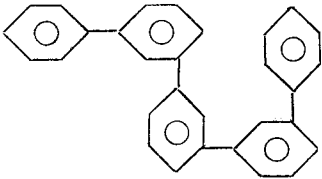
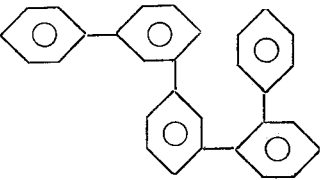
* Voir Appendice 1 à 3 - Modèles moléculaires.

Substance	Solvant	P.M. trouvé	P.M. calculé	F.	Réf.
<p>I.9 Méthyl.4.quaterphényle.3'.4'' (*)</p> 	<p>a) benzène-alcool b) éther de pétrole</p>	—	320.5	171°2-171°7	
<p>IV.9 Quaterphényle.4'.2''</p> 	Ether de pétrole 80°-100°		306.4	119°8-120°1 (119°-119°5) (119°-120°)	[20] [21]
<p>I.5 Dixénylméthane</p> 	Ligroïne	320	320°5	162°1-162°5 (159°)	[22]

Substance	Solvant	P.M. trouvé	P.M. calculé	F.	Réf.
<p>I.6 Triphénylène</p> 	<p>a) sublimation b) benzène</p>	—	228.2	198°2 (197°-198°)	[23]
<p>II.1 Quinquaphénylyle.4'.4''.4'''</p> 	<p>a) quinoléine b) sublimation</p>	—	382.6	399° (388°-389°)	[18]
<p>II.2 Quinquaphénylyle.4'.3''.3'''</p> 	Benzène-alcool	—	382.6	155°4 (155°-155°5)	[15]

Substance	Solvant	P.M. trouvé	P.M. calculé	F.	Réf.
V.1 Quinquaphényle.4'.3".2" 	Benzène-alcool	—	382.6	146°6-146°8 (144°5-145°5)	[14]
V.2 Quinquaphényle.4'.3".4" 	toluène	384	382.6	273°4-273°8 (264°-265°)	[16]

Substance	Solvant	P.M. trouvé	P.M. calculé	F.	Réf.
<p>V.3 Quinquaphényle.3'.2''.4'''</p> 	<p>a) chromatographie Al₂O₃ b) éther de pétrole</p>	—	382.6	112°3-112°9 (104°-105°)	[24]
<p>V.4 Quinquaphényle.3'.4''.3'''</p> 	p. cymène	381	382.6	236°1-236°3 (235°-236°)	[25]
<p>V.5 Quinquaphényle.3'.4''.2''' (*)</p> 	Benzène-alcool	—	382.6	185°6-185°8	—

Substance	Solvant	P.M. trouvé	P.M. calculé	F.	Réf.
V.6 Quinquaphényle.3'.3''.3'''' 	Alcool-éther de pétrole	—	382.6	115°3-115°6 (97°-98°) (117°)	[15] [26]
V.7 Quinquaphényle.3'.3''.2'''' 	a) Benzène-alcool b) Ether de pétrole c) Benzène-alcool	—	382.6	105°4-105°6 (113°-114°)	[14]

- 9) Par condensation d'Ullmann.
 20) Par déshydratation et déshydrogénation du phényl.1.(p.xényl).2.cyclohexanol.
 21) Par déshydratation et déshydrogénation du phényl.2.(p.xényl).1.cyclohexanol.
 22) Par action du méthylal sur le diphényle.
 24) Par déshydrogénation du dihydro.4'.5''.quinquaphényle.3'.2''.4''.
 15) Par déshydrogénation du dihydro.5'''.6'''.quinquaphényle.3'.4''.3''''.

(*) Les composés dont le nom est suivi d'un astérisque sont inédits.

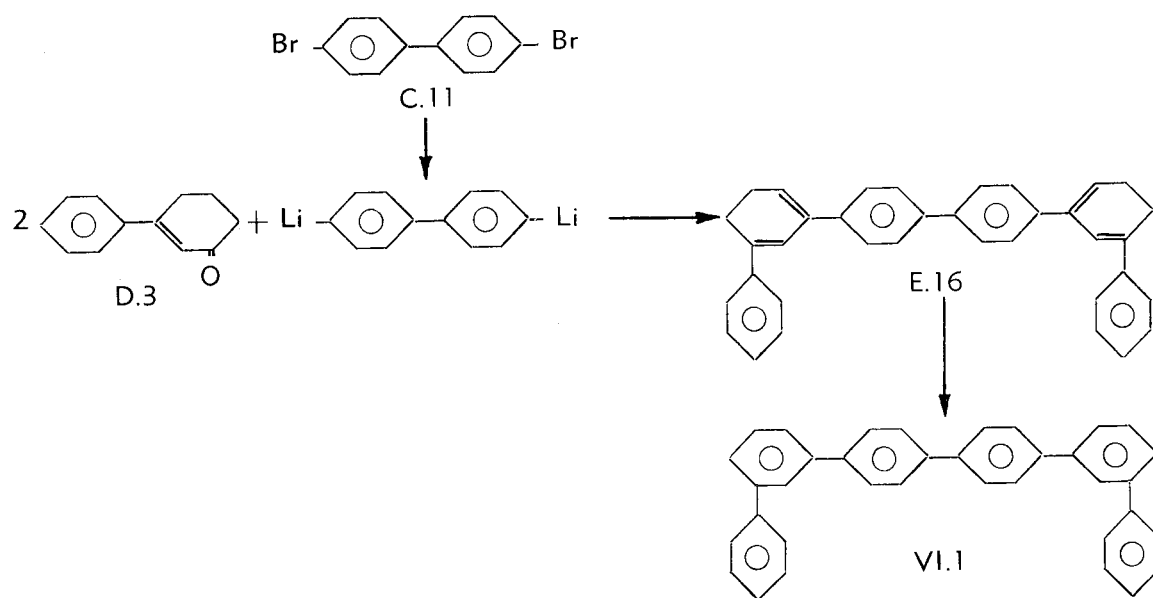
2^{ème} PARTIE

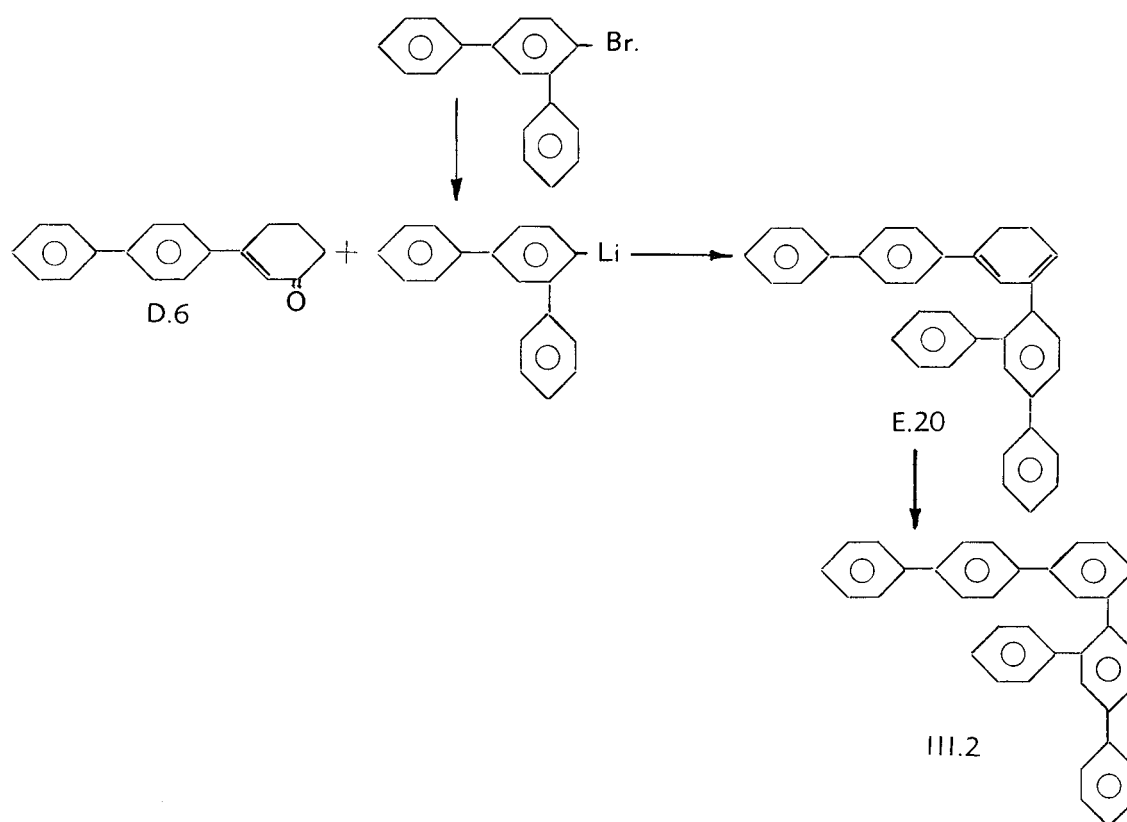
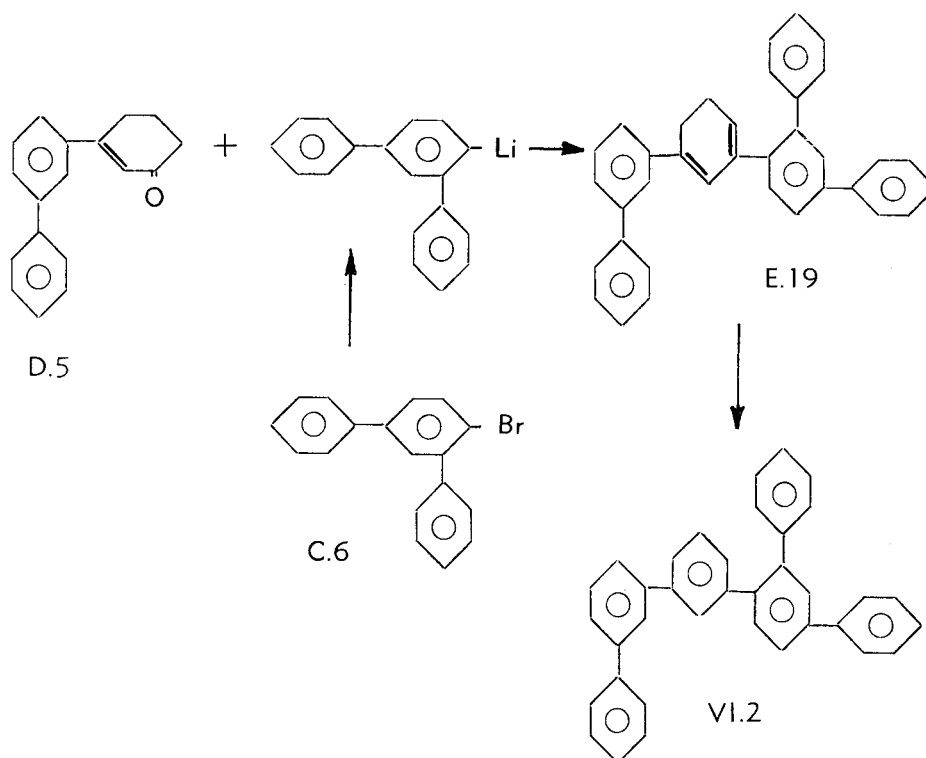
HEXAPHENYLES

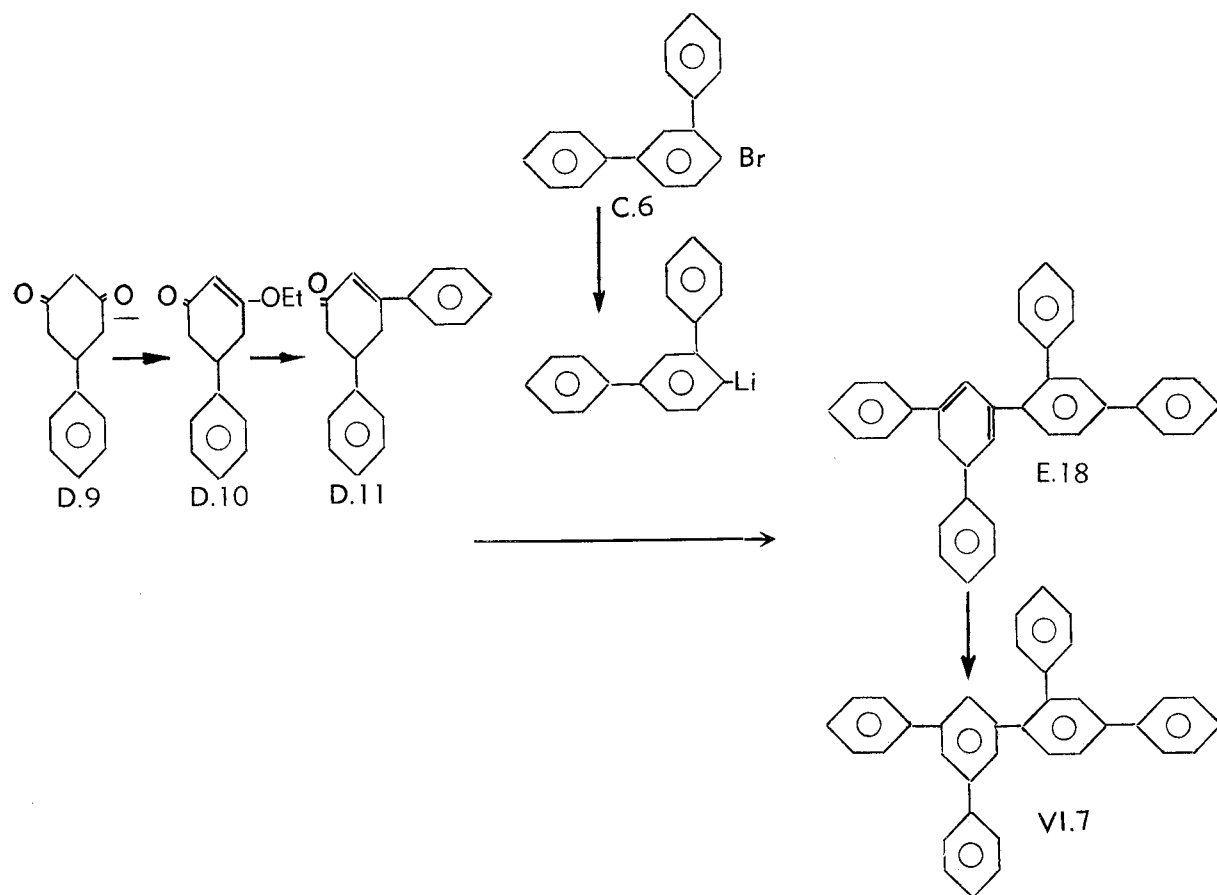
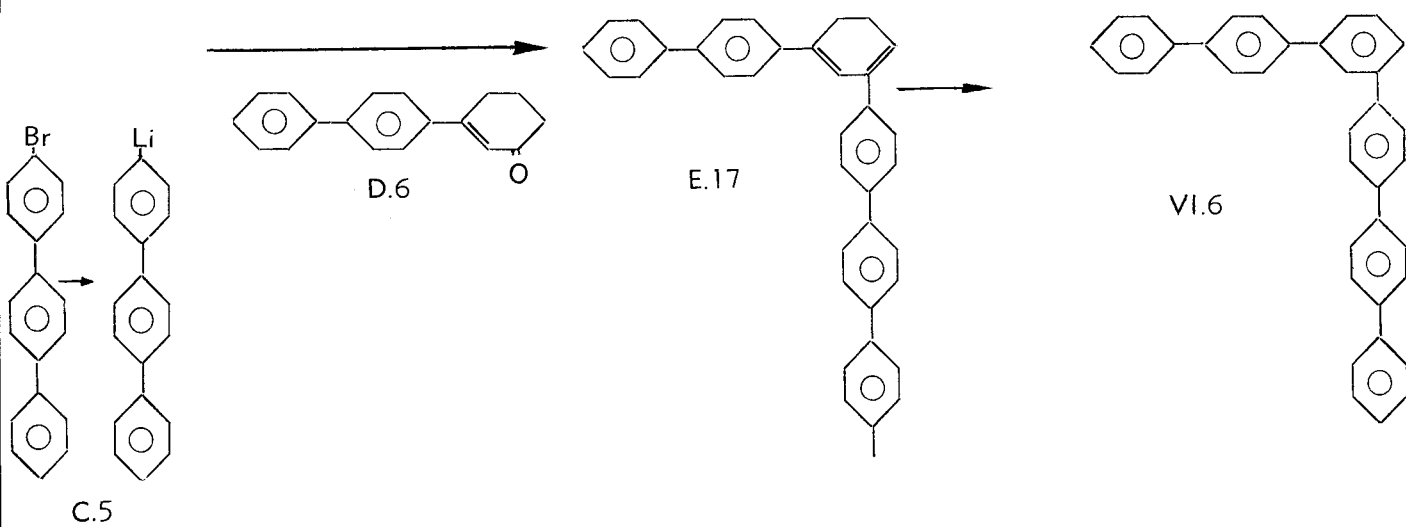
2.1. PARTIE THEORIQUE

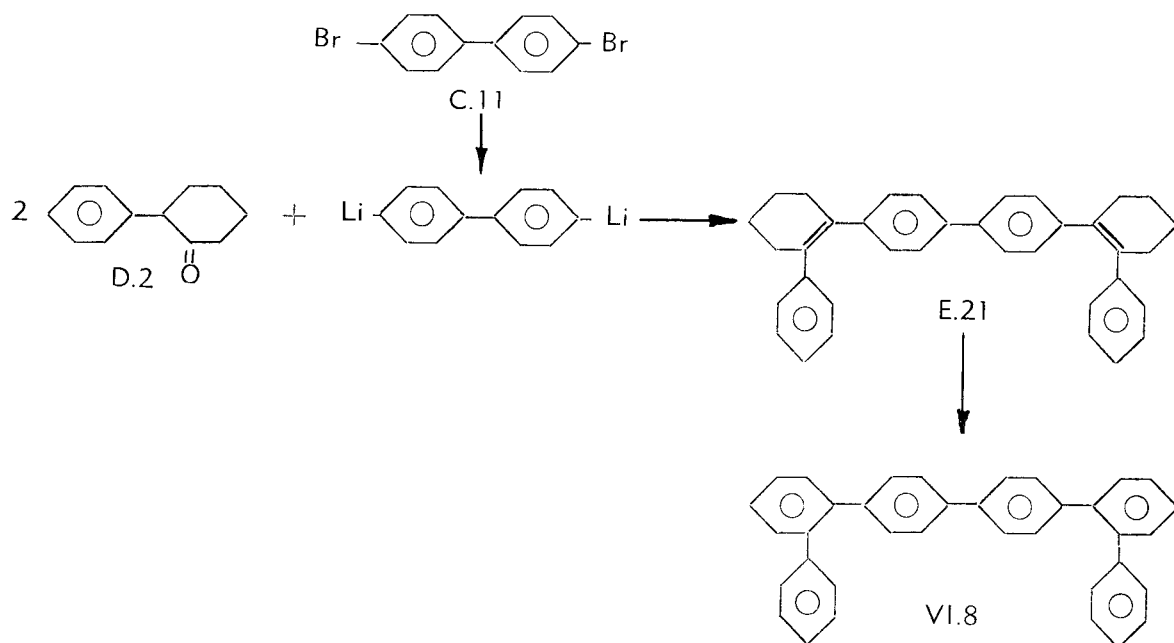
Le mode général de préparation de ces isomères consiste à faire réagir un dérivé cétonique sur un organolithique choisi, puis à déshydrogéner catalytiquement le polyhydrophénylène ainsi obtenu.

Dans les schémas de réaction ci-après, les désignations des cétones et des dérivés halogénés sont les mêmes que celles de la première partie de cette étude.









2.2. PARTIE EXPERIMENTALE

Ethoxy.3.phényl.5.Δ².cyclohexénone D.10

Dans un ballon de 1 l muni d'une colonne *Widmer*, on chauffe un mélange de:

Phényl.5.cyclohexanedione.1.3 [27]:	56,4 g (0,3 M)
Alcool éthylique absolu:	60 ml
Acide p.toluènesulfonique:	1,2 g
Benzène anhydre:	350 ml

de façon à obtenir une distillation lente de l'azéotrope ternaire. Quand on n'observe plus de séparation d'eau (2,50 h), on refroidit le mélange, lave au carbonate sodique à 10 % puis à l'eau et sèche sur sulfate de magnésium. On chasse l'excès d'alcool et le benzène par distillation, reprend le résidu par l'éther anhydre (100 ml) et refroidit à -30°C . On essore rapidement et sèche sous vide.

On obtient l'éthoxy.3.phényl.5.Δ².cyclohexénone sous la forme de cristaux jaunes (49 g) fondant à $41^{\circ}\text{S} - 42^{\circ}\text{S}$ (Référence 3 : F. = 43°).

Diphényl.3.5.Δ².cyclohexénone. D.11

Dans un ballon de 500 ml à 3 tubulures, muni d'un agitateur, d'une ampoule à brome, d'un réfrigérant ascendant et d'un tube d'arrivée d'azote sec, on place 37 ml de solution 6 N de butyl-lithium dans l'hexane et 100 ml d'éther absolu. On refroidit à 0° et ajoute peu à peu une solution de bromobenzène (35 g = 0,22 M.) dans l'éther (100 ml). On agite à la température du laboratoire pendant 1/2 h, refroidit à 5° et traite peu à peu par une solution de phényl.5.éthoxy.3.cyclohexénone (43,2 g = 0,2 M.) dans 100 ml d'éther. Après 1/2 h d'agitation à 20° , puis à l'ébullition sous reflux pendant 1/2 h, on ajoute

prudemment à 5° 100 ml d'acide sulfurique 9 N. On chasse l'éther par distillation, puis on entraîne les produits volatils par l'eau. Le résidu est repris par l'éther, l'extrait est lavé au bicarbonate et à l'eau et enfin séché sur sulfate de magnésium. On chasse le solvant et on obtient des cristaux fondant à 79°7 - 80°2 (47 g soit un rendement de 94 %).

Par recristallisation dans l'éther de pétrole 60° - 80°, la température de fusion s'élève à 80° - 81°.

Cette même cétone a été préparée par action du bromure de phénylmagnésium sur l'éthoxy.3.phényl.5.cyclohexénone [28].

Dihydro.5".6".hexaphényle.4'.3".2""4"". (E.20)

Dans un appareil identique à celui qui a été décrit pour la préparation de la diphényl-cyclohexénone, on place 8,5 ml de solution 6 N de butyl-lithium dans l'hexane et 40 ml d'éther absolu. En atmosphère d'azote sec, on traite à 0° par une solution de bromo.4'.m.terphényle (23,2 g) dans l'éther (40 ml). On agite encore pendant 1/2 h à 20° puis, en refroidissant à 5° environ, on ajoute peu à peu une solution de p.xényl.3.cyclohexénone (12,4 g dans 100 ml d'éther). On reflux pendant 1,30 h, puis on ajoute prudemment 85 ml d'acide sulfurique à 10 %. Après 1 h d'agitation, on chasse l'éther et entraîne les produits volatils par la vapeur d'eau.

On extrait le résidu par le benzène (1.5 l), sèche l'extrait et concentre à siccité sous pression réduite. Le résidu est purifié par recristallisation dans un mélange de benzène et d'alcool.

On obtient des cristaux fondant à 181° - 182° (12,22 g).

C'est par ce procédé que les dérivés décrits dans les tableaux VII et VIII ont été préparés.

T a b l e a u V I I

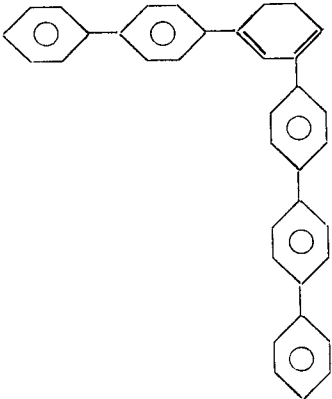
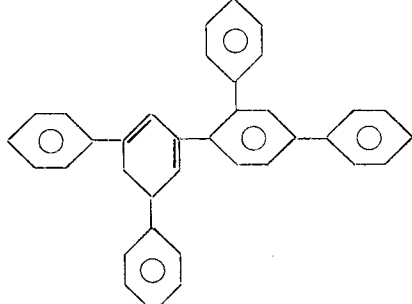
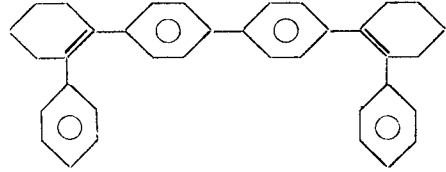
POLYHYDROHEXAPHENYLES : REACTIONS DE PREPARATION

Phényl.3.Δ ² .cyclohexénone dibromo.4.4'.diphényle Tétrahydro.5".6".5 ^{IV} .6 ^{IV} .hexaphényle.3'.4".4""3 ^{IV}	(Li)	D.3 + →	E.16
m.xényl.3.Δ ² .cyclohexénone bromo.4'.m.terphényle Dihydro.5".6".hexaphényle.3'.3".2""4""	(Li)	D.5 + →	E.19
p.xényl.3.Δ ² .cyclohexénone bromo.4'.m.terphényle Dihydro.5".6".hexaphényle.4'.3".2""4""	(Li)	D.6 + →	E.20
p. xényl.3.Δ ² . cyclohexénone bromo.4.p.terphényle Dihydro.5".6".hexaphényle.4'.3".4""4 ^{IV}	(Li)	D.6 + →	E.17
Diphényl.3.5.Δ ² .cyclohexénone bromo.4'.m.terphényle Dihydro.1'.6'.hexaphényle.3'.5'.2""4""	(Li)	+ →	E.18
Phényl.2.cyclohexanone dibromo.4.4'.diphényle Octahydro. 3'. 4'. 5'. 6'. 3 ^{IV} .4 ^{IV} .5 ^{IV} .6 ^{IV} hexaphényle.2'.4".4""3 ^{IV}	(Li)	D.2 + →	E.21

Tableau VIII

POLYHYDROHEXAPHENYLES : CONSTANTES PHYSIQUES

Désignation	Structure	F.	Absorption dans l'U.V.		
			Solvant	λ_{max}	E_{m01}
E. 16		276°6. 277°			
E. 19		142°9. 144°3			
E. 20		181°-182°			

Désignation	Structure	F.	Absorption dans l'U.V.		
			Solvant	λ_{max}	E_{mol}
E. 17		304°	Ethoxy-éthanol	291	44.500
E. 18		103°1-103°5	Ethoxy-éthanol	245	50.900
E. 21		Huile	—	—	—

2.2.1. Procédé général de préparation des hexaphényles

Exemple: Hexaphényle 3'.4".4""3^{IV} (VI.1).

On soumet à l'ébullition sous reflux pendant 3 h:

Tétrahydro-hexaphényle E.16:	9 g
Pd à 10 % sur charbon:	4,5 g
p.cymène:	90 ml

On chasse le solvant sous pression réduite, reprend le résidu par 750 ml d'o.xylène et sépare le catalyseur par filtration.

On concentre le filtrat sous vide et, par refroidissement, on obtient des cristaux blancs fondant à 287°8 - 288°6 (6 g - Rendement: 67 %).

Pour la déshydrogénation de l'octahydrohexaphényle E.21, on opère à 300° sans solvant.

On trouvera dans le tableau IX les constantes physiques des hexaphényles isomères préparés.

Les valeurs entre parenthèses sont celles données par les auteurs qui ont préparé ces substances antérieurement.

SPECTRES ULTRAVIOLET ET INFRAROUGE

3.1. SPECTRES ULTRAVIOLET

En 1939, *Gillam* et *Hey* [29] ont établi certaines généralités concernant les longueurs d'onde et les intensités d'absorption aux maxima pour les *p*-polyphényles et les *m*-polyphényles.

Les λ_{\max} et les E correspondants des *p*-polyphényles augmentent avec le nombre de noyaux benzéniques. Le déplacement bathochrome important de λ_{\max} implique une modification du chromophore responsable de l'absorption. Les nouveaux chromophores obtenus résultent de la conjugaison qui s'établit à travers la chaîne polyphényle et réduit la différence d'énergie entre l'état fondamental et le premier état excité de la molécule. Cette différence d'énergie caractérisant la transition électronique ne décroît pas linéairement avec l'allongement de la chaîne car le déplacement de λ_{\max} est de plus en plus faible lorsqu'on passe aux termes supérieurs.

Pour les *m*-polyphényles, λ_{\max} reste constant (approximativement 250 $m\mu$) tandis que E_{\max} croît régulièrement avec le nombre de noyaux benzène. L'incrément dû à l'adjonction d'un radical phényle est remarquablement constant (± 20.100) lorsque le nombre de noyaux varie de 9 à 16.

Ces constatations portent les auteurs à considérer comme unité chromophorique une entité « semidiphényle », distincte du noyau benzène, ayant son propre pouvoir absorbant (± 20.100) et donnant lieu à une transition électronique bien déterminée. Les spectres des différents membres de la série *m*-polyphényle s'obtiennent par simple sommation d'unités « semidiphényles » non conjuguées, sommation qui ne provoque aucun déplacement de la bande mais augmente régulièrement l'intensité de l'absorption.

La substitution du chromophore « semidiphényle » au chromophore benzène dans l'interprétation des spectres des *m*-polyphényles est indispensable pour rendre compte des fortes absorptions molaires observées. Elle permet, d'autre part, d'expliquer l'absorption 90 fois plus importante du diphényle par rapport au benzène et les coefficients d'extinction molaires élevés des *p*-polyphényles.

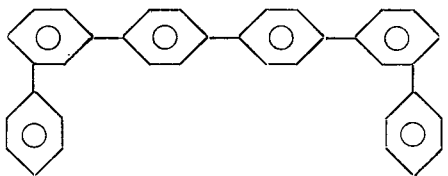
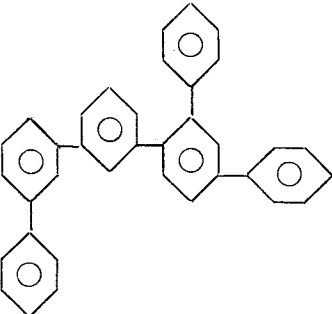
Plusieurs études relatives aux polyphényles possédant des liaisons *o*, *m* et *p* ont été publiées durant ces dernières années; on y trouve quelques données expérimentales concernant les spectres U.V. [14, 25, 26, 28, 30, 31, 32]. L'interprétation des résultats a été amorcée par *Woods* et collaborateurs [14] et par *Wiley* et *Wakefield* [32].

On essaiera, dans les pages suivantes, de relier les absorptions caractéristiques des polyphényles préparés à leur structure.

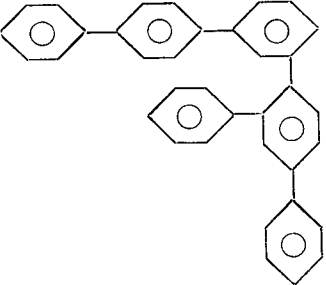
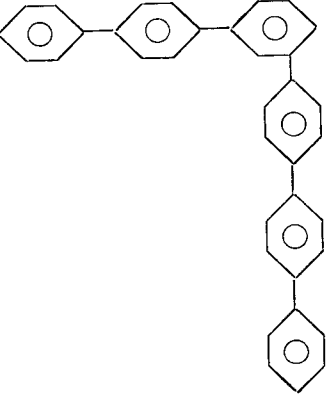
Les spectres ont été relevés sur un spectrophotomètre *Beckman* - modèle D.U.

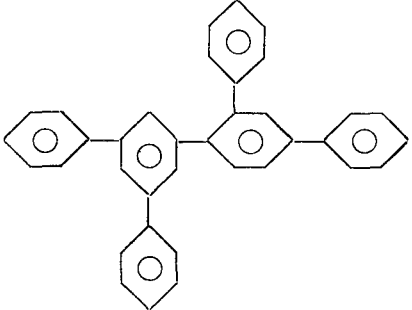
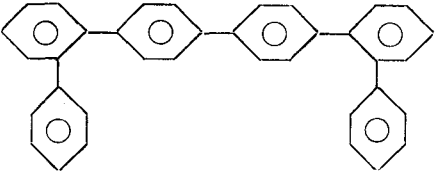
Ils sont dessinés en portant l'absorption molaire en fonction de la longueur d'onde exprimée en $m\mu$ (fig. A et K en annexe).

Tableau IX *
HEXAPHENYLES : CONSTANTES PHYSIQUES

Substance	Solvant de récrystallisation	F.	Réf.	Rem.
<p>VI.1 Hexaphényle.3'.4".4""'.31V</p> 	o. xylène	287°6-288°6 (280°-281°)	[25]	a)
<p>VI.2 Hexaphényle.3'.3".2""'.4""</p> 	Benzène + éther de pétrole	148°4-148°7 (145°-146°)	[28]	b)

* Voir Appendice 4 - Modèles moléculaires.

Substance	Solvant de recristallisation	F.	Réf.	Rem.
<p>III.2 Hexaphényle.4'.3".2""4""</p> 	Benzène + isopropanol	188°-189°5 (182°-184°)	[28]	
<p>VI.6 Hexaphényle.4'.3".4""4IV</p> 	o. xylène	321°4-321°8	—	—

Substance	Solvant de recristallisation	F.	Réf.	Rem.
<p data-bbox="350 814 634 839">VI.7 Hexaphényle.3'.5'.2".4"</p> 	Ethoxy-éthanol	197°4-197°7	—	—
<p data-bbox="350 1302 653 1327">VI.8 Hexaphényle.2'.4".4".2IV</p> 	Benzène + éthanol	237°9-238°1	—	—

Rem.: a) Par déshydrogénation du tétrahydro-hexaphényle (isomère de E.16), obtenu lui-même par action du magnésium sur le bromo.4.dihydro.m.terphényle.
 b) Par déshydrogénation du dihydro. hexaphényle résultant de la condensation du bromure de xényl.3.magnésium avec la (m. terphényl.4').3.cyclohexénone.

Tableau X
MAXIMA D'ABSORPTION DANS L'ULTRAVIOLET

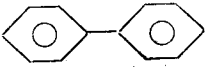
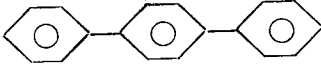
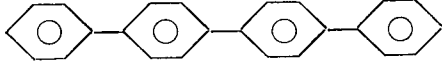
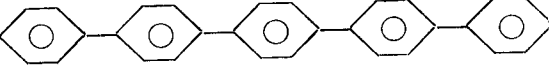
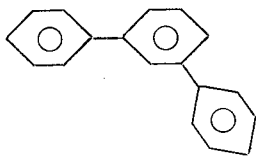
Fig.	Nomenclature et formule développée	Valeurs trouvées		Littérature		Réf.
		λ_{\max}	E_{m01}	λ_{\max}	E_{m01}	
A 1	Diphényle (Cy) 	247	16.620	246 251,5	20.300 18.300 chloroforme	[29]
A 2	p-terphényle (Cy) 	275	24.600	276 280	35.000 25.000 chloroforme	[29]
A 3	I.1 Quaterphényle.4'.4'' (Cy) 	293	42.600	292 300	55.000 39.000 chloroforme	[29]
A 4	II.1 Quinquaphényle.4'.4''4''' (Ch) 	310	67.600	310	62.500 chloroforme	[29]
B 5	m-terphényle (Cy) 	247	33.100	251,5 ~247	44.000 chloroforme ~37.000 cyclohexane	[29] [14]

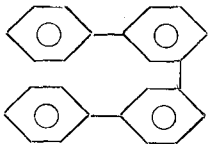
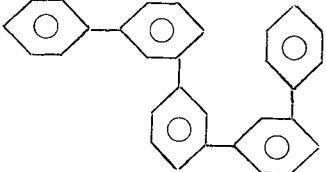
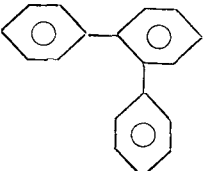
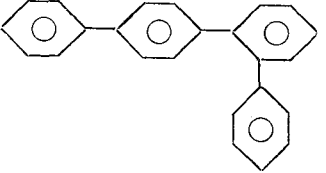
Fig.	Nomenclature et formule développée	Valeurs trouvées		Littérature		Réf.
		λ_{\max}	E_{mol}	λ_{\max}	E_{mol}	
K 23	I.4 Quaterphényle.3'.3'' (Cy) 	250	69.800	~248	~56.500 cyclohexane	[14]
D 11	V.6 Quinquaphényle.3'.3''.3''' (Ch) 	251	91.600	~249	~79.000 cyclohexane	[14]
				~249	79.500 cyclohexane	[26]
				~253	47.500 chloroforme	[33]
	o-terphényle 			233	29.000	[14]
B 6	IV.9 Quaterphényle.2'.4'' (Cy) 	$\left[\begin{array}{l} 250 \\ 275 \end{array} \right.$	$\begin{array}{l} 26.000 \\ 21.800 \end{array}$	$\left[\begin{array}{l} 248 \\ 275 \end{array} \right.$	$\begin{array}{l} 30.000 \\ 26.000 \end{array}$ isooctane	[31]
				$\left[\begin{array}{l} 257 \\ 274 \end{array} \right.$	$\begin{array}{l} 35.500 \\ 35.500 \end{array}$ méthanol	[32]

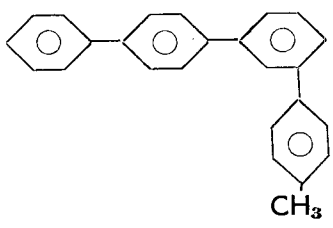
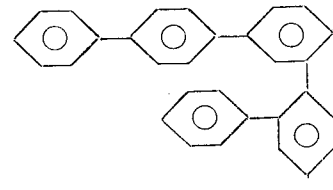
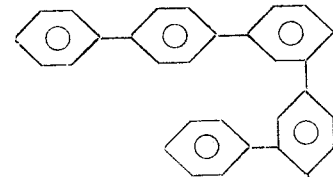
Fig.	Nomenclature et formule développée	Valeurs trouvées		Littérature		Réf.
		λ_{\max}	E_{mol}	λ_{\max}	E_{mol}	
	<p>1.9 Méthyl.4.quaterphényle.3'.4'' (Cy)</p> 	267	—			
C 9	<p>V.1 Quinquaphényle.2'.3''.4''' (Ch)</p> 	280	38.000	[~ 278 ~ 235	~ 37.000 ~ 32.000	[14-31]
C 7	<p>II.2 Quinquaphényle.3'.3''.4''' (Ch)</p> 	260	46.200	~ 258	~ 50.000 cyclohexane	[14]

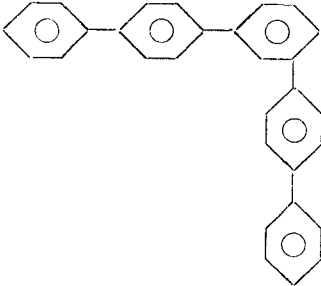
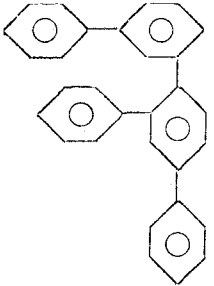
Fig.	Nomenclature et formule développée	Valeurs trouvées		Littérature		Réf.
		λ_{\max}	E_{m01}	λ_{\max}	E_{m01}	
C 8	V.2 Quinquaphényle.4'.3".4''' (Ch) 	282	67.000	~282	~35.000 cyclohexane	[14]
D 10	V.3 Quinquaphényle.3'.2".4''' (Cy) 	250	46.400	248	58.000 isooctane	[28]

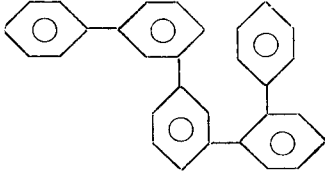
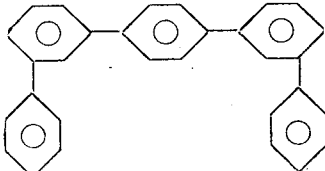
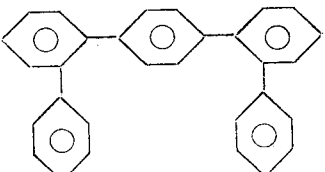
Fig.	Nomenclature et formule développée	Valeurs trouvées		Littérature		Réf.
		λ_{\max}	E_{mol}	λ_{\max}	E_{mol}	
D 12	V.7 Quinquaphényle.3'.3".2''' (Cy) 	240	92.500	~238	~55.000 cyclohexane	[14]
E 13	V.4 Quinquaphényle.3'.4".3''' (Ch) 	260	46.300	261	50.700 éthoxyéthanol	[25]
E 14	V.5 Quinquaphényle.2'.4".2''' (Cy) 	242 ~280*	54.370 ~20.000*			

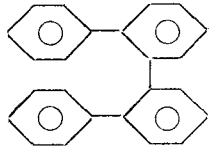
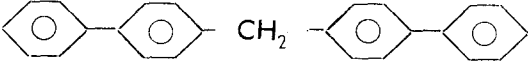
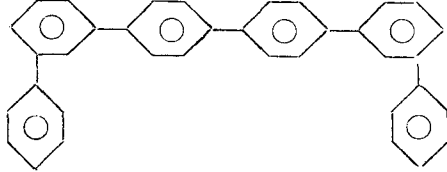
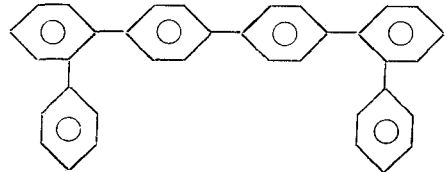
Fig.	Nomenclature et formule développée	Valeurs trouvées		Littérature		Réf.
		λ_{\max}	E_{m01}	λ_{\max}	E_{m01}	
K 22	I.3 Quaterphényle.2'.2'' (Cy) 	227,5	35.410	~228	~31.700	[34]
K 21	I.5 Dixénylméthane (Cy) 	258	37.700			
F 15	VI.1 Hexaphényle.3'.4''.4'''.3IV (Ch) 	[260 300	43.100 54.800	[263 299	36.100 55.500 éthoxyéthanol + éthanol	[25]
F 16	VI.8 Hexaphényle.2'.4''.4'''.2IV (Cy) 	[250 295	41.300 42.700			

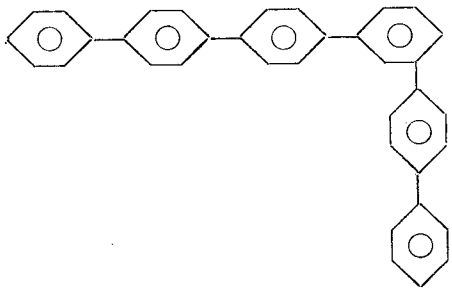
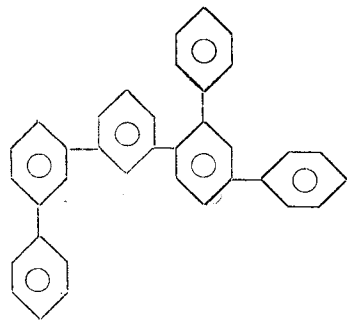
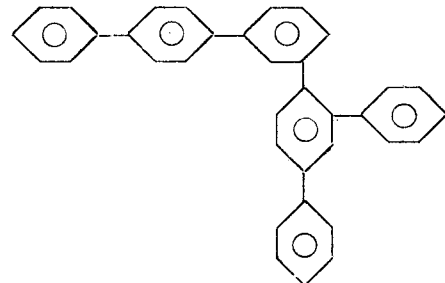
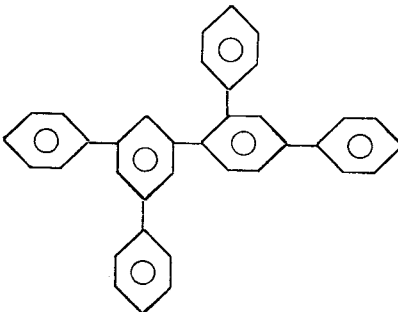
Fig.	Nomenclature et formule développée	Valeurs trouvées		Littérature		Réf.
		λ_{\max}	E_{m01}	λ_{\max}	E_{m01}	
G 19	VI.6 Hexaphényle.4'.3".4""4IV (Ch) 	$\left[\begin{array}{l} 293 \\ \sim 280^* \end{array} \right.$	$\begin{array}{l} 66.000 \\ \sim 58.500^* \end{array}$			
G 17	VI.2 Hexaphényle.3'.3".2""4"" (Cy) 	250	83.000	248	isooctane	64.000 [28]

Fig.	Nomenclature et formule développée	Valeurs trouvées		Littérature		Réf.
		λ_{\max}	E_{mol}	λ_{\max}	E_{mol}	
G 18	III.2 Hexaphényle.4'.3".2""4"" (Cy) 	$\left[\begin{array}{l} 280 \\ \sim 250^* \end{array} \right.$	$\begin{array}{l} 73.900 \\ \sim 58.000^* \end{array}$	$\left[\begin{array}{l} 279 \\ 252 \end{array} \right.$ isoctane	56.000 41.000	[28]
H 20	VI.7 Hexaphényle.3'.5'.2""4"" (E) 	253	121.000			

N.B.: 1) Les spectres U.V. des composés repris dans le tableau X ont été relevés dans les solvants suivants:
 2) Les valeurs marquées d'un astérique (*) correspondent à un épaulement.

Cyclohexane : (Cy)
 Chloroforme : (Ch)
 Ethoxyéthanol : (E)

p-POLYPHENYLES

On a indiqué précédemment les considérations faites par *Gillam* et *Hey* [29] au sujet de la position du maximum d'absorption des *p*-polyphényles.

Les extinctions molaires correspondant à ces maxima, mesurées au cours du présent travail (Tableau X - fig. A), diffèrent quelque peu des valeurs trouvées par ces auteurs. Au départ des résultats obtenus, on a pu établir deux corrélations reliant les intensités au nombre de noyaux benzène.

L'extinction molaire au maximum (E_{\max}) obéit de manière satisfaisante à l'équation ci-après pour $n = 2$ à 5:

$$\log_{10} E_{\max} = 0,201.n. + 3,825 \quad (a)$$

n étant le nombre de noyaux benzéniques (fig. M en annexe).

Tableau XI

EXTINCTIONS MOLECULAIRES DES *p*-POLYPHENYLES

<i>p</i> -polyphényle	log E mesuré	log E calculé par (a)	différence
diphényle	4,22	4,227	- 0,007
<i>p</i> -terphényle	4,391	4,428	- 0,037
<i>p</i> -quaterphényle	4,629	4,629	0
<i>p</i> -quinquaphényle	4,830	4,830	0

On a calculé d'autre part les surfaces des bandes d'absorption par le procédé de *Mulliken* [35] consistant à évaluer l'intégrale de la courbe (absorption en fonction de la longueur d'onde) au moyen de l'équation:

$$\int E_{\nu} d\nu = (\nu_1 - \nu_2) E_{\max}$$

dans laquelle E_{\max} = absorption molaire au maximum

ν_1 et ν_2 = fréquences exprimées en cm^{-1} correspondant à $E = 1/2 E_{\max}$.

Tableau XII

VALEURS DE $(\nu_1 - \nu_2) E_{\max}$ POUR LES *p*-POLYPHENYLES

<i>p</i> -polyphényle	E_{\max}	λ_1 (m μ)	λ_2 (m μ)	$10^{-2} \nu_1$ (cm $^{-1}$)	$10^{-2} \nu_2$ (cm $^{-1}$)	$10^{-4} E_{\max}$ ($\nu_1 - \nu_2$)
diphényle	16.600	232	264	431	379	8.632
<i>p</i> -terphényle	24.600	253	302	395	331	15.744
<i>p</i> -quaterphényle	42.600	268	317	373	315	24.708
<i>p</i> -quinquaphényle	67.600	281	331	356	302	36.504

L'expression $(\nu_1 - \nu_2) E_{\max}$ est une fonction linéaire du nombre de noyaux benzéniques ($n = 2$ à 5) constituant la molécule (fig. N en annexe).

Elle obéit assez bien à l'équation suivante:

$$10^{-8} (\nu_1 - \nu_2) E_{\max} = 0,925.n. - 1,12 \quad (b)$$

Tableau XIII

COMPARAISON DES VALEURS TROUVEES ET CALCULEES
PAR LA RELATION (b)

<i>p</i> -polyphényle	$10^{-8} (\nu_1 - \nu_2) E_{\max}$ mesuré	$10^{-8} (\nu_1 - \nu_2) E_{\max}$ calculé par (b)	Différence
diphényle	0,86	0,73	+ 0,13
<i>p</i> -terphényle	1,57	1,65	- 0,08
<i>p</i> -quaterphényle	2,47	2,58	- 0,11
<i>p</i> -quinquaphényle	3,65	3,50	+ 0,15

m-POLYPHENYLES

Les spectres de trois *m*-polyphényles (fig. B 5, D 11, K 23) ont été relevés. Les longueurs d'onde aux maxima sont conformes aux données de la littérature [14, 26, 29, 33]; par contre, les coefficients d'extinction molaire en diffèrent sérieusement (Tableau X).

L'incrément d'intensité dû à l'adjonction d'un noyau benzène ne présente pas la constance observée par Gillam et Hey [29] pour les *m*-polyphényles de 9 à 16 noyaux.

On remarquera cependant (Tableau XIV) que l'absorption spécifique de l'entité « semidiphényle » se rapproche de la valeur moyenne (20.100) caractéristique des *m*-polyphényles supérieurs [29] lorsque la masse molaire augmente.

Tableau XIV

VARIATION DE L'EXTINCTION MOLECULAIRE
POUR LES *m*-POLYPHENYLES

Composé	E_{\max}	E_{\max} nombre de noyaux C_6H_6
m-terphényle	33.100	11.000
quaterphényle.3'.3''	69.800	17.500
quinquaphényle.3'.3''.3'''	91.600	18.300

o-POLYPHENYLES

La formation de chaînes polyphényles par liaison ortho devrait conduire à des systèmes parfaitement conjugués et absorbants à des longueurs d'onde de plus en plus grandes à mesure que croît le nombre de noyaux.

En fait, le diphényle (A 1), l'*o*-terphényle et le quaterphényle.2'.2'' (K 22) absorbent respectivement à 247, 233 et 227,5 $m\mu$, ce qui correspond à un déplacement hypsochrome de la bande d'absorption par allongement de la chaîne.

La conjugaison entre les cycles serait complètement empêchée par les effets stériques qui détruisent la planéité du système résonnant. D'autre part, le déplacement appréciable (15 à 20 $m\mu$) vers les courtes longueurs d'onde du maximum pour l'*o*-terphényle et le quaterphényle.2'.2'' par rapport au diphényle résulterait d'une augmentation importante de l'énergie du premier niveau excité de la molécule.

La différence d'énergie entre cet état excité et l'état fondamental serait plus grande et la transition électronique correspondante exigerait un quantum plus énergétique.

Les intensités d'absorption aux maxima augmentent avec la longueur de la chaîne (Tableau X).

DIXENYLMETHANE

L'intensité d'absorption d'une molécule contenant deux chromophores isolés équivaut pratiquement à la somme des absorptions spécifiques des deux chromophores; la longueur d'onde ne varie pas si les deux chromophores sont identiques.

Tableau XV

COMPARAISON DES MAXIMA D'ABSORPTION DES DIPHENYLES,
QUATERPHENYLES ET DIXENYLMETHANE

Composé	λ_{\max}	E_{\max}
diphényle	247	16.620
dixénylméthane	258	37.700
quaterphényle.4'.4''	293	42.600

Cette règle est respectée de manière satisfaisante par le dixénylméthane (K 21) résultant de l'union de deux radicaux diphényle-4 par un pont méthylène (Tableau XV).

Le déplacement bathochrome du maximum du dixénylméthane par rapport à celui du diphényle s'explique par l'effet inductif et d'hyperconjugaison du radical méthylène.

La conjugaison parfaite entre les deux radicaux diphényle-4 du quaterphényle-4'.4'' engendre un chromophore nouveau absorbant à des longueurs d'onde beaucoup plus grandes.

On observe les mêmes corrélations entre le benzène et le dixénylméthane [29].

POLYPHENYLES A LIAISON *o*, *m* et *p*

Les polyphényles possédant à la fois des *o*, *m* et *p* résultent de la juxtaposition de molécules plus simples: *p*-polyphényles, *m*-terphényle, *o*-terphényle. Celles-ci sont d'authentiques chromophores qui se manifestent par leur absorption spécifique (Tableau X) dans le spectre de la molécule.

Le tableau XVI indique la nature et le nombre des configurations présentes dans les molécules des polyphényles complexes.

Tableau XVI

MAXIMA D'ABSORPTION ET CONFIGURATIONS

Fig.	Configurations				λ_{\max}
	<i>o</i> -terphényle	<i>m</i> -terphényle	<i>p</i> -terphényle	<i>p</i> -tetrphényle	
B 6	1		1		250 - 275
C 7		2	1		260
C 8		1	2		282
C 9	1	1	1		280
D 10	1	2	1		250
D 12	1	2			240 - 250*
E 13		2	1		260
E 14	2		1		242 - 280*
F 15		2	2	1	260 - 300
F 16	2		2	1	250 - 295
G 17	1	3	1		250
G 18	1	2	2		250* - 280
G 19		1	3	1	~280* - 293
H 20	1	4	1		253

N.B. Les valeurs marquées d'un astérisque correspondent à un épaulement.

Au départ de ces configurations et des absorptions spécifiques correspondantes, on peut généralement prévoir les maxima ou l'allure grossière de la courbe d'absorption d'un composé. Les interférences entre les chromophores empêchent très souvent ceux-ci de se manifester dans la courbe d'absorption par leur bande caractéristique. L'apparition des maxima d'absorption spécifiques des chromophores constituant une molécule de polyphényle semble liée:

- à la non-proximité des chromophores dans l'échelle des longueurs d'onde;
- au nombre des configurations présentes dans la molécule;
- à l'absorbance spécifique des divers chromophores.

Les considérations ci-dessus sont très qualitatives mais permettent cependant de se faire une idée a priori du spectre d'absorption d'un polyphényle complexe.

3.2. SPECTRES INFRAROUGE

Les spectres infrarouge des polyphényles préparés au cours de ce travail ont été relevés dans KBr.

On distingue trois régions importantes caractéristiques des atomes ou groupements d'atomes constituant tout polyphényle [36, 37]:

- 3030 cm^{-1} bande attribuée au « stretching » des =C-H
(3,3 μ)
- 1600 à 1500 cm^{-1} région des bandes attribuées au « stretching » des C=C dans le plan
(6,25 à 6,66 μ) de la molécule.
- 900 à 690 cm^{-1} région des bandes attribuées au « bending » des C-H hors du plan de
(11,1 à 14,5 μ) la molécule.
- Les bandes situées dans cette région sont caractéristiques du nombre et de la position des atomes d'hydrogène libres et par suite du nombre et de la position des substituants fixés sur le noyau benzène.

Les trois systèmes de bandes mentionnés ci-dessus se retrouvent dans les spectres de nos composés:

— la bande à $\sim 3,3 \mu$ due au « stretching » des =C-H apparaît régulièrement mais n'est pas très nette quoique son intensité soit forte;

— le système situé à 6,25-6,66 μ , caractéristique du squelette benzénique est formé de bandes très nettes souvent dédoublées;

— les déformations des C-H hors du plan du cycle se manifestent par des bandes très intenses dont le nombre et la position varient avec la complexité de la molécule.

Comparons par exemple le quinquaphényle.4'.4''.4''' au quinquaphényle.4'3''.2'':

— la première molécule est constituée de cycles benzéniques monosubstitués et disubstitués en 1.4;

— la seconde molécule est constituée de cycles benzéniques monosubstitués et disubstitués en 1.4-1.3 et 1.2.

Les chromophores supplémentaires présents dans le quinquaphényle.4'.3''.2'' sont représentés dans le spectre infrarouge par de nouvelles bandes caractéristiques. Les interférences entre ces différentes bandes rendent leur attribution particulièrement délicate.

**SPECTRES DANS L'ULTRAVIOLET DES QUATER-, QUINQUA- ET HEXAPHENYLES,
REPRIS DANS LES LETTRES A - B - C - D - E - F - G - H - K - M - N**

58

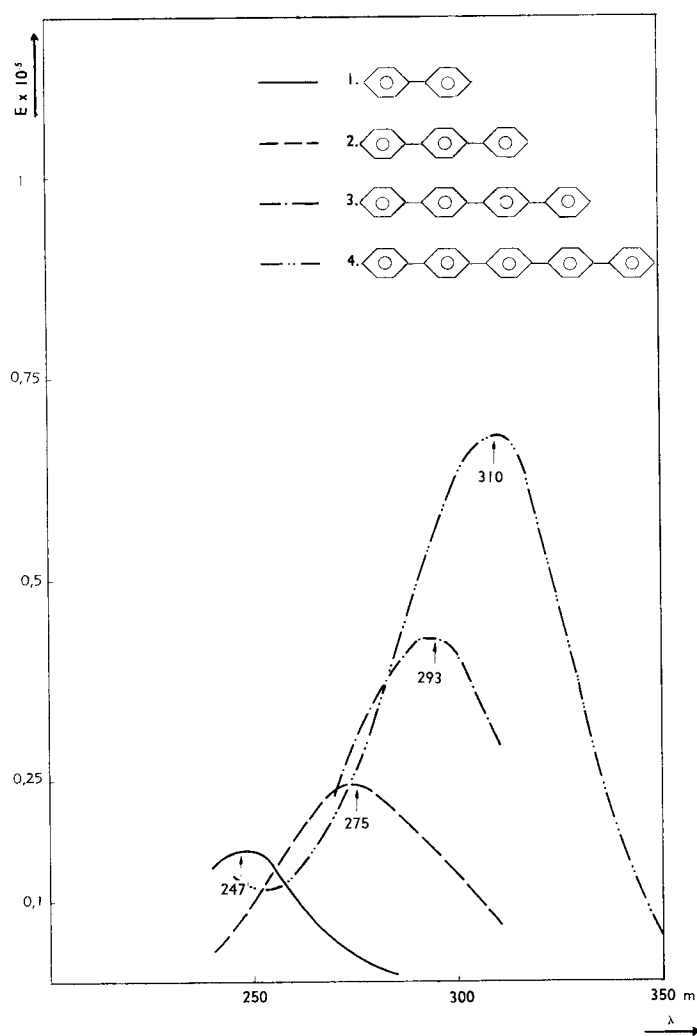


Fig. A.

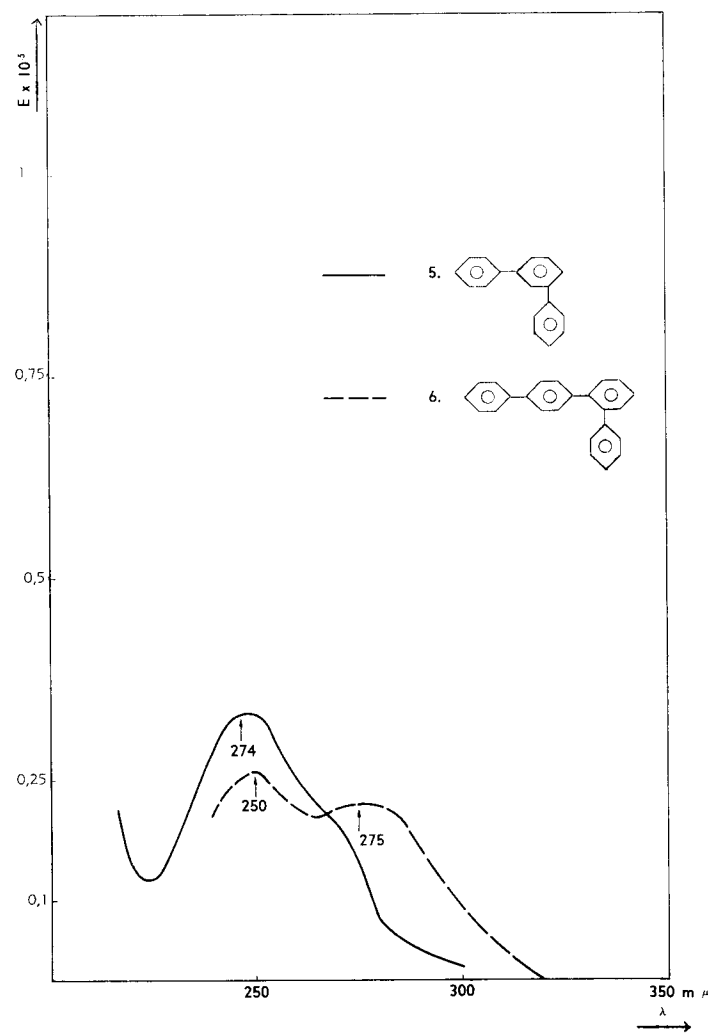


Fig. B.

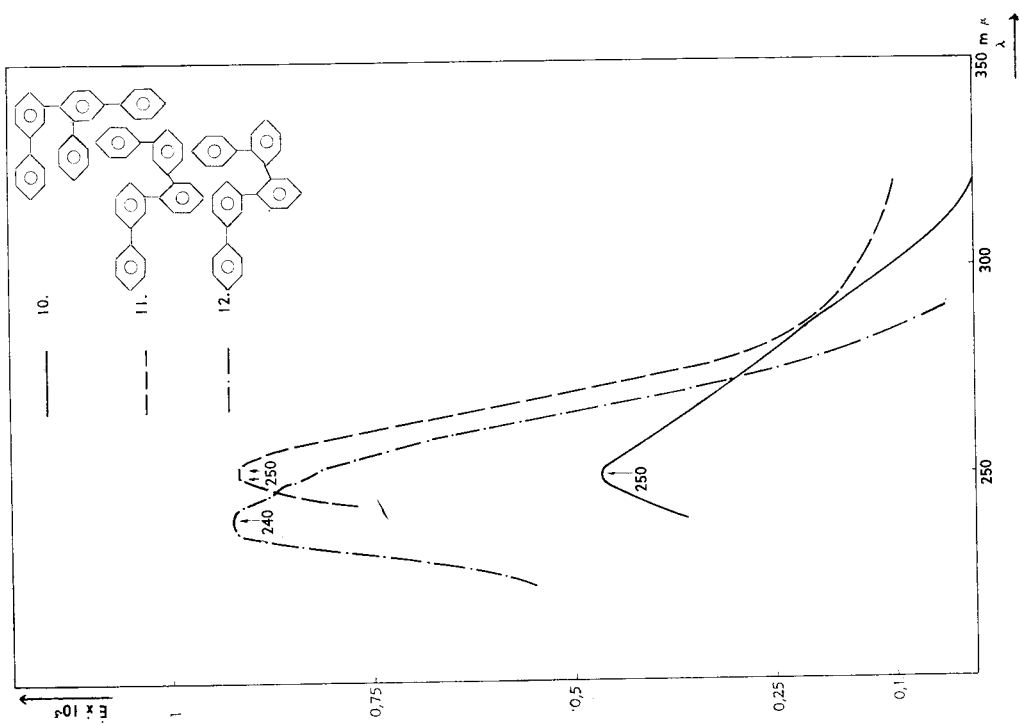


Fig. D.

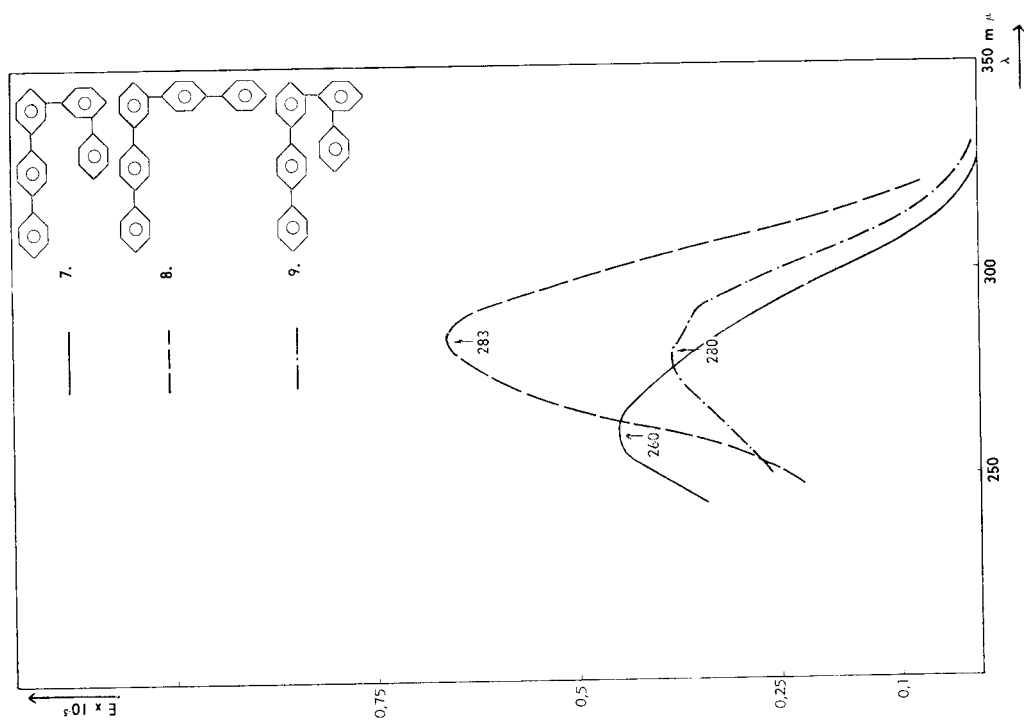


Fig. C.

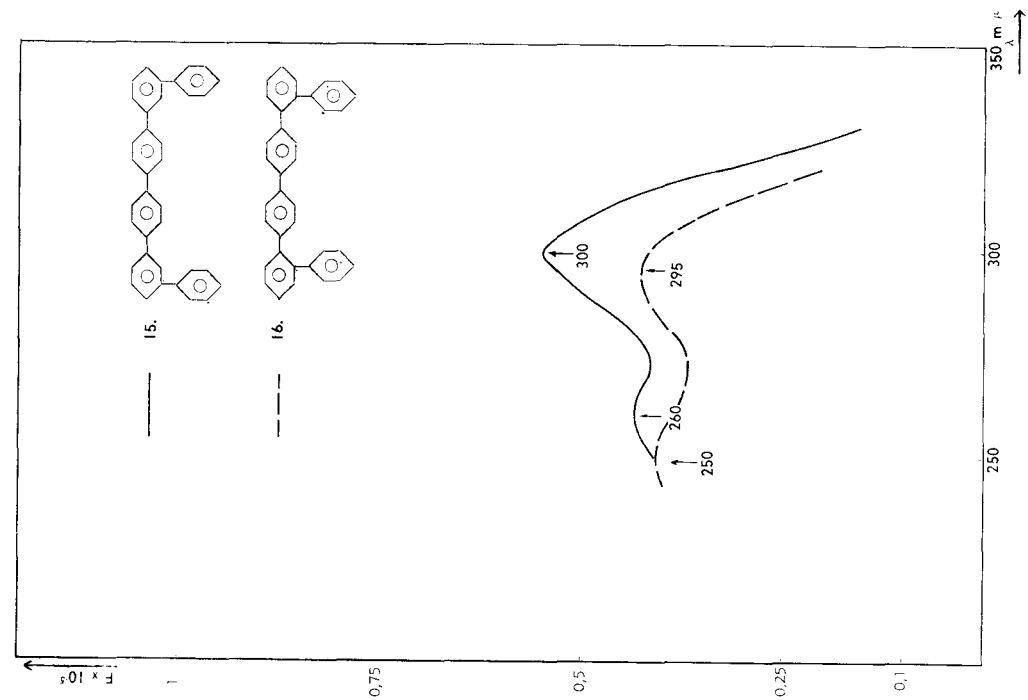


Fig. E.

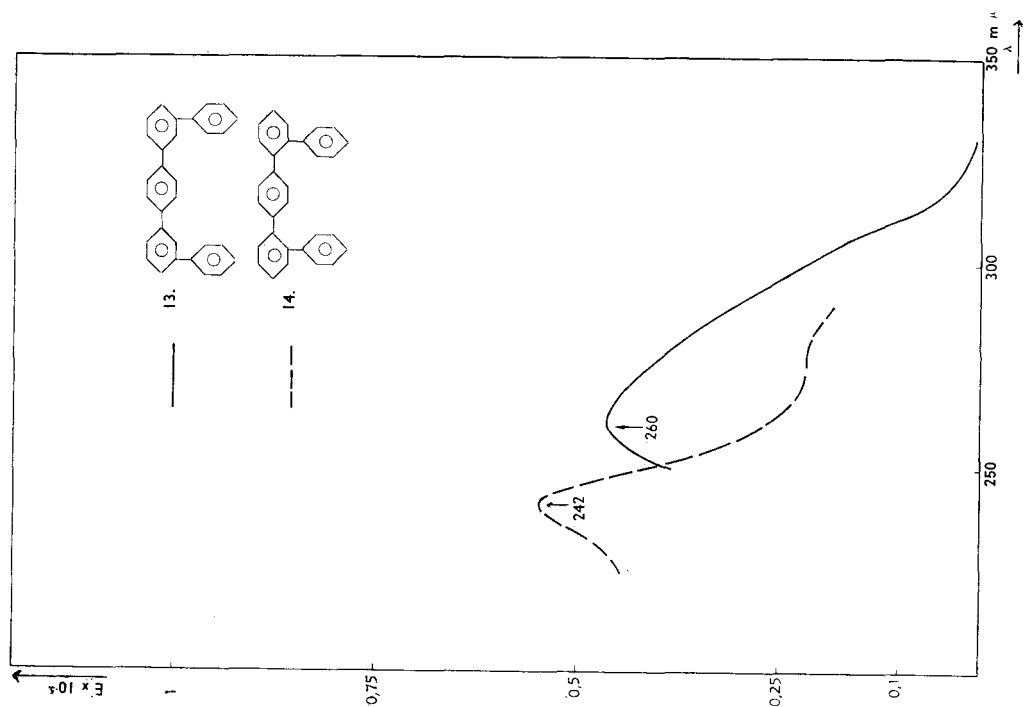


Fig. F.

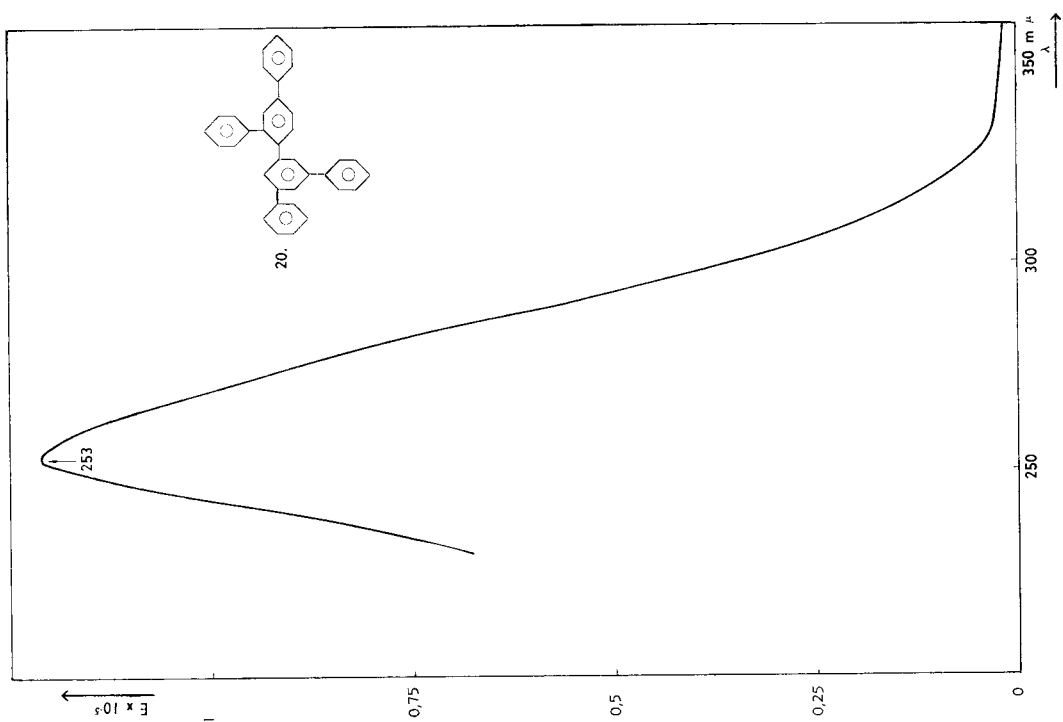


Fig. H.

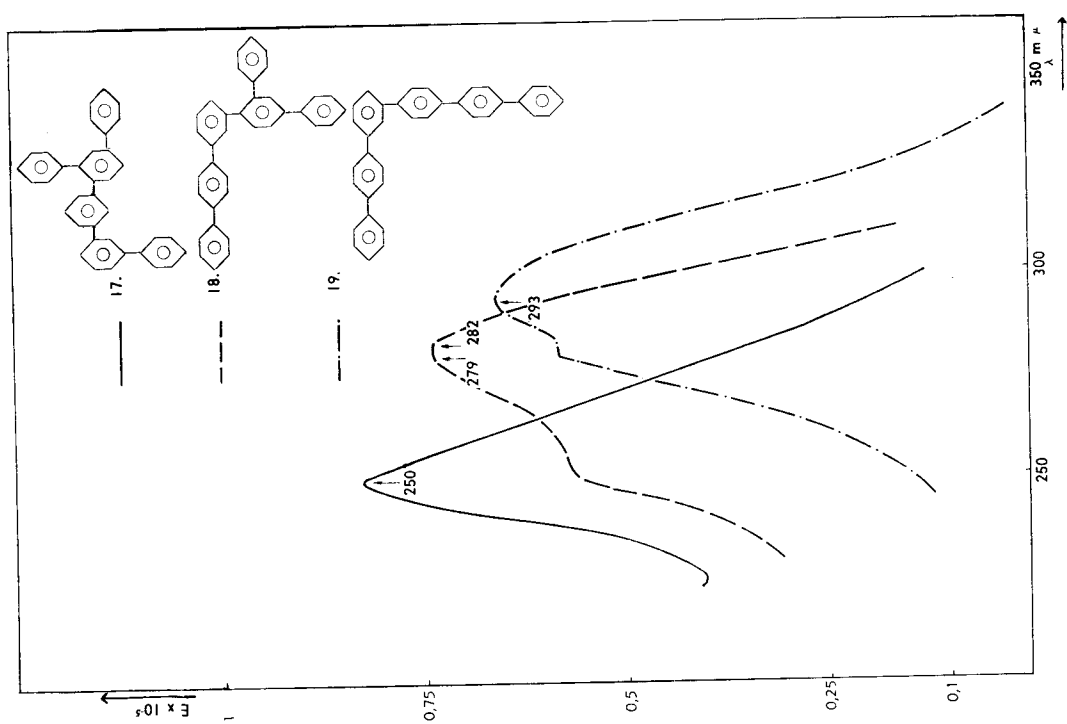


Fig. G.

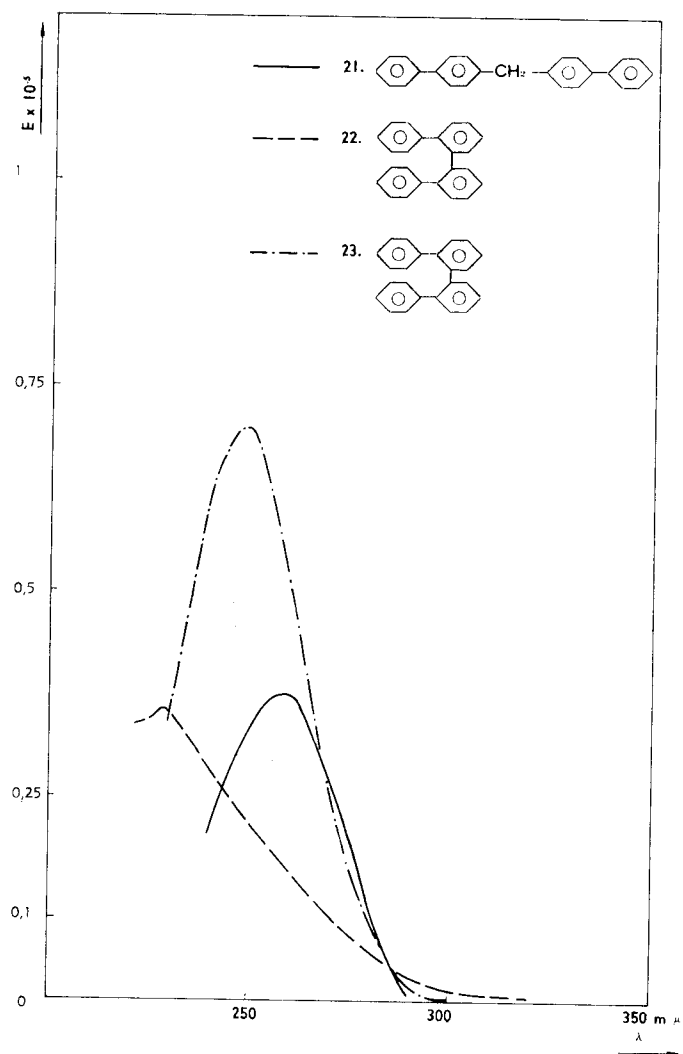


Fig. K.

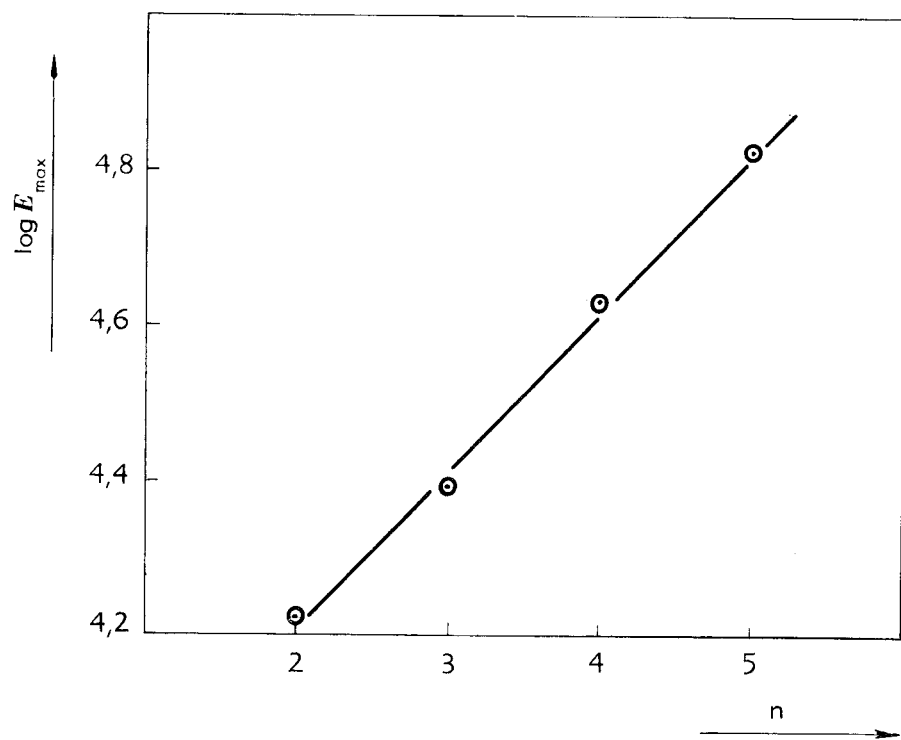


Fig. M.

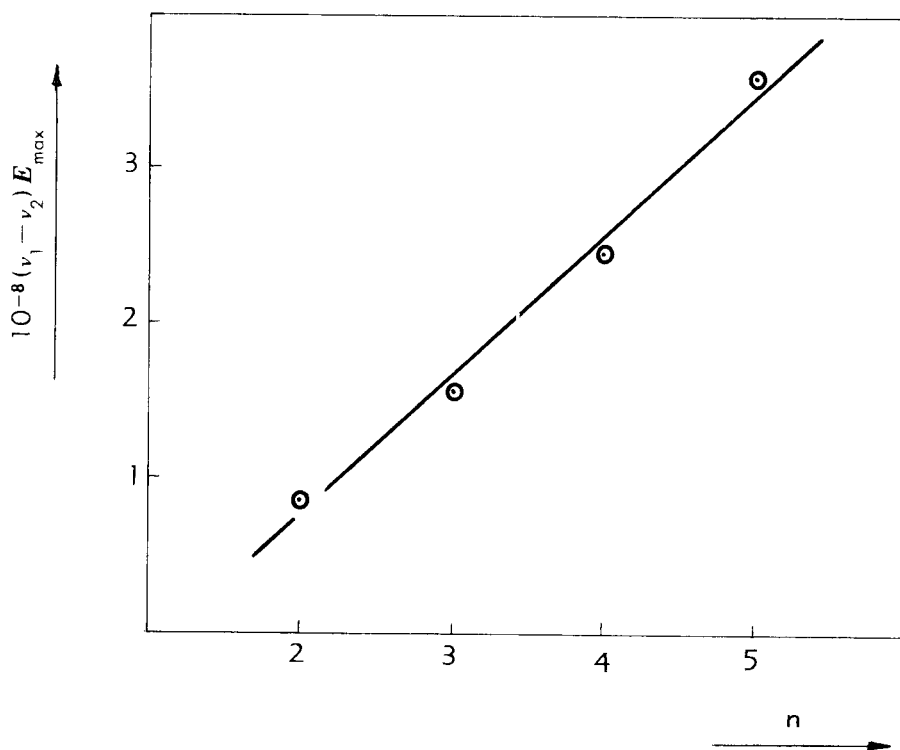
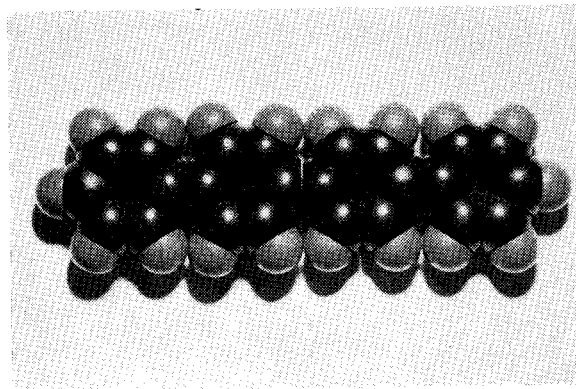


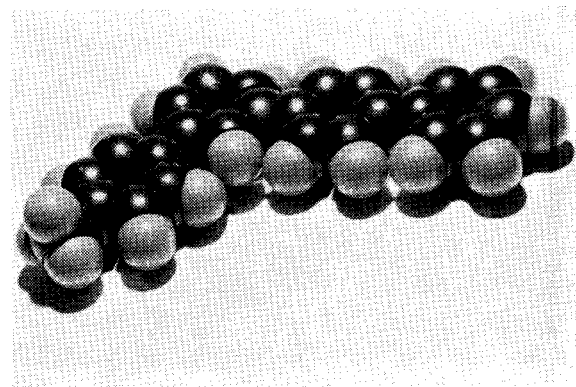
Fig. N.

MODELES MOLECULAIRES RELATIFS AU TABLEAU VI:
POLYPHENYLES: CONSTANTS PHYSIQUES

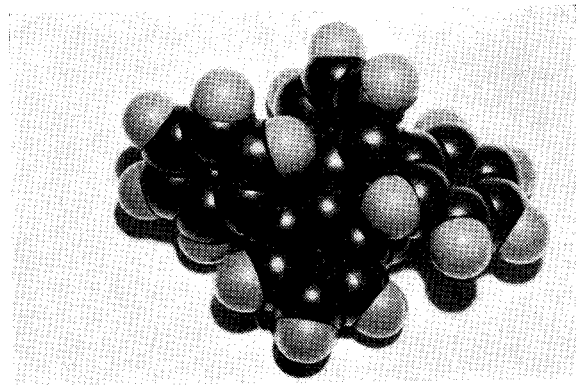
I.1 Quaterphényle.4'.4''



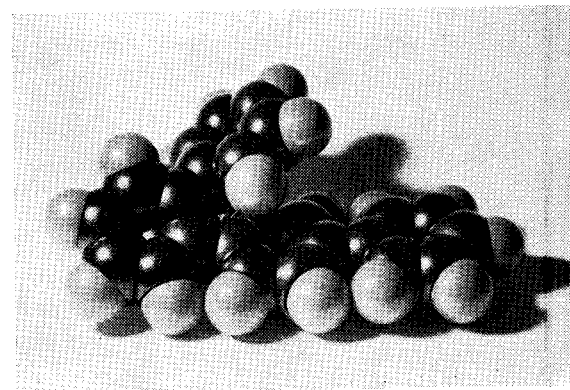
I.9 Méthyl.4.quaterphényle.3'.4''



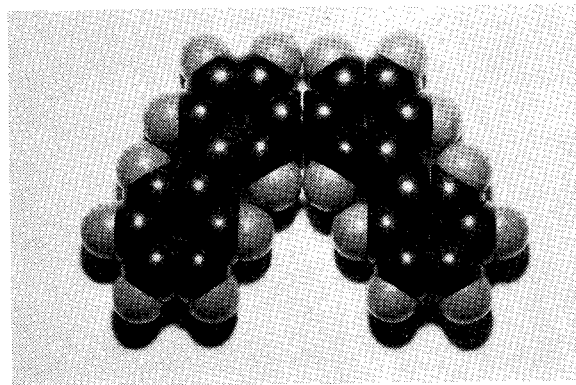
I.3 Quaterphényle.2'.2''



IV.9 Quaterphényle.4'.2''



I.4 Quaterphényle.3'.3''



I.5 Dixénylméthane

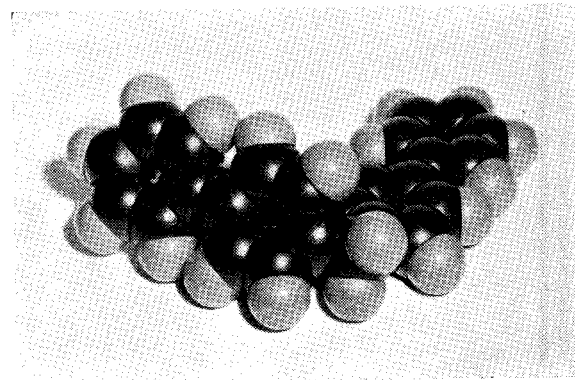
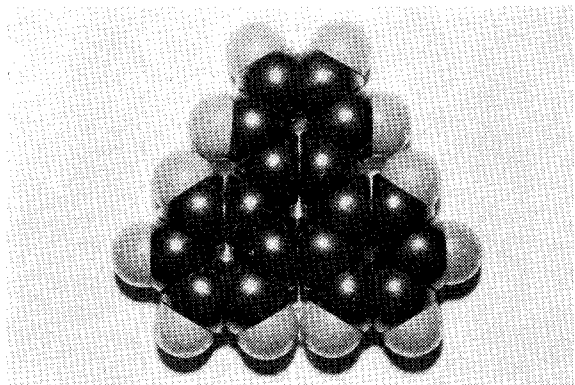
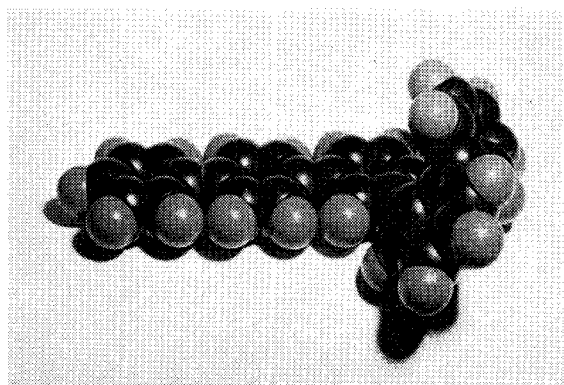


TABLEAU VI (suite)

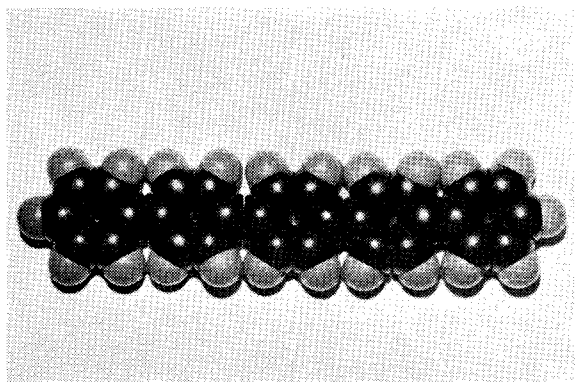
I.6 Triphénylène



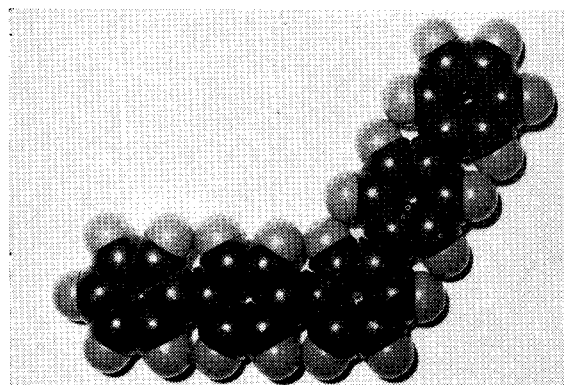
V.1 Quinquaphénylène.4'3'2'''



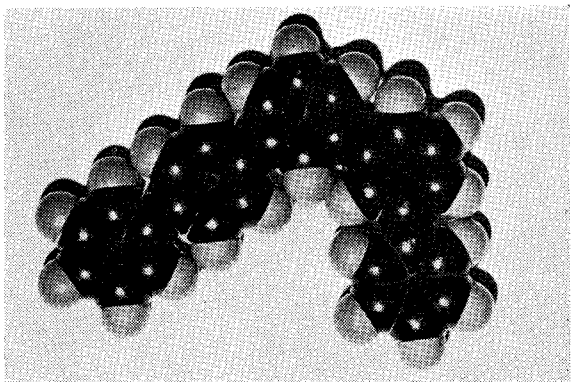
II.1 Quinquaphénylène.4'4'4'''



V.2 Quinquaphénylène.4'3'4'''



II.2 Quinquaphénylène.4'3'3'''



V.3 Quinquaphénylène.3'2'4'''

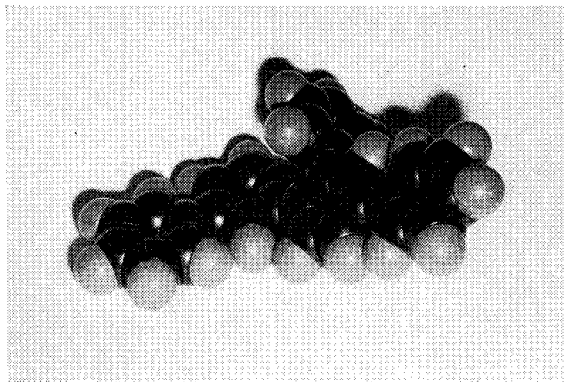
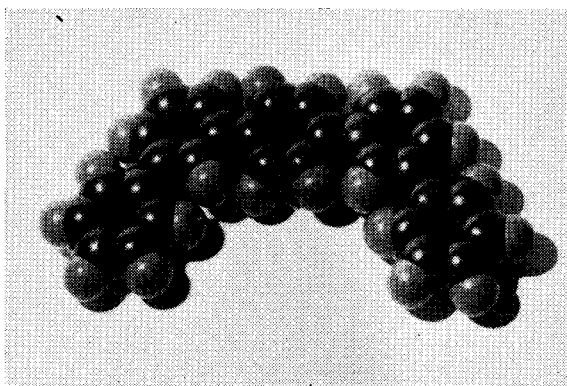
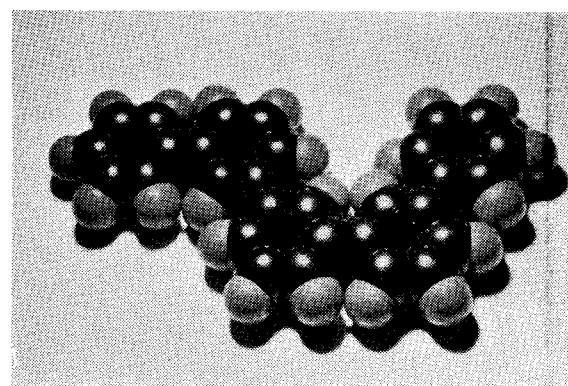


TABLEAU VI (suite)

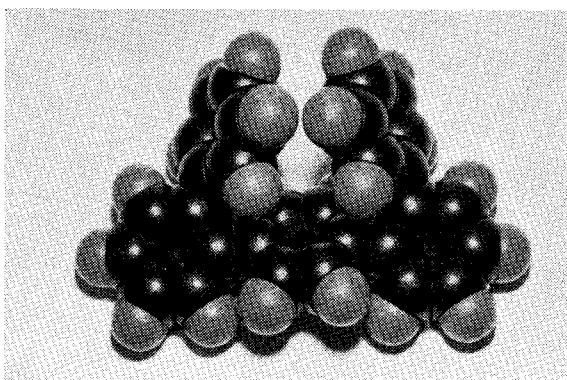
V.4 Quinquaphényle.3'4".3"



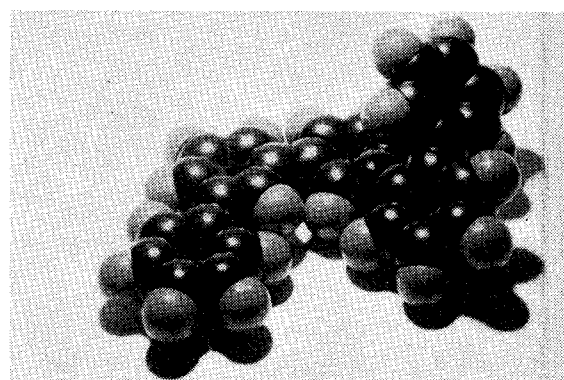
V.6 Quinquaphényle.3'.3".3"



V.5 Quinquaphényle.3'4".2"

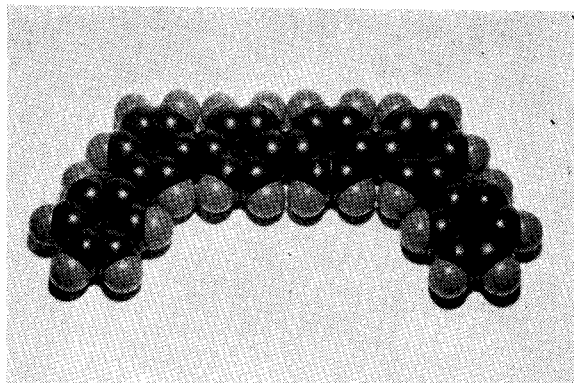


V.7 Quinquaphényle.3'.3".2"

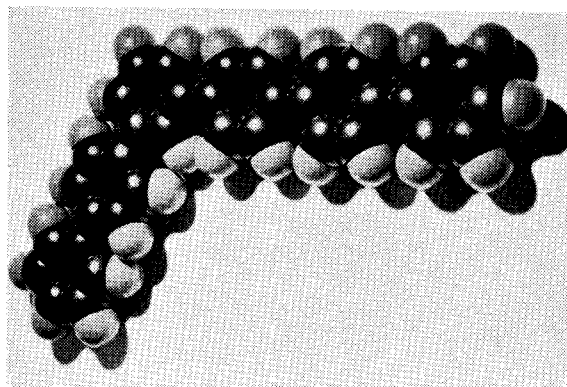


MODELES MOLECULAIRES RELATIFS AU TABLEAU IX:
 HEXAPHENYLES: CONSTANTES PHYSIQUES

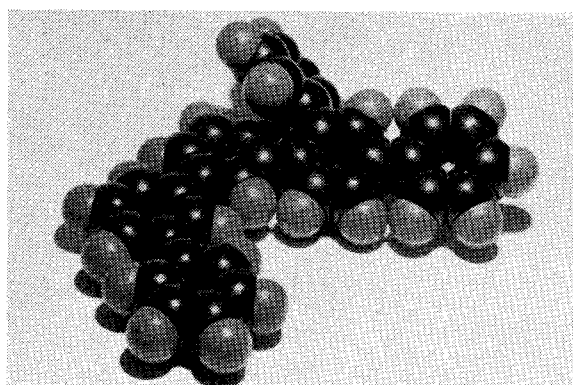
VI.1 Hexaphényle.3'.4".4""3IV



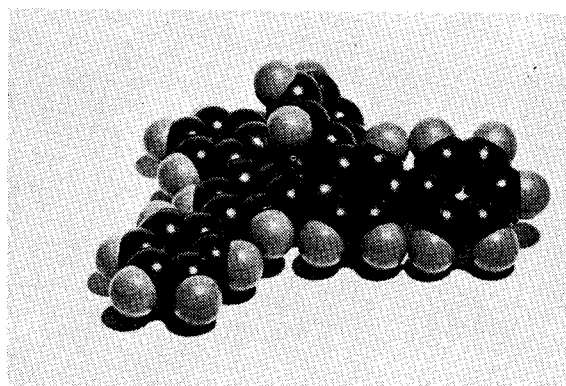
VI.6 Hexaphényle.4'.3".4""4IV



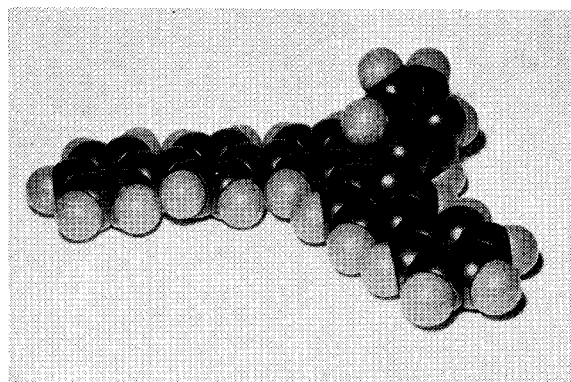
VI.2 Hexaphényle.3'.3".2""4""



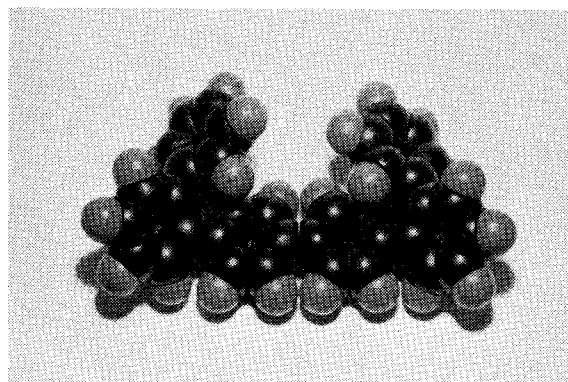
VI.7 Hexaphényle.3'.5'.2".4""



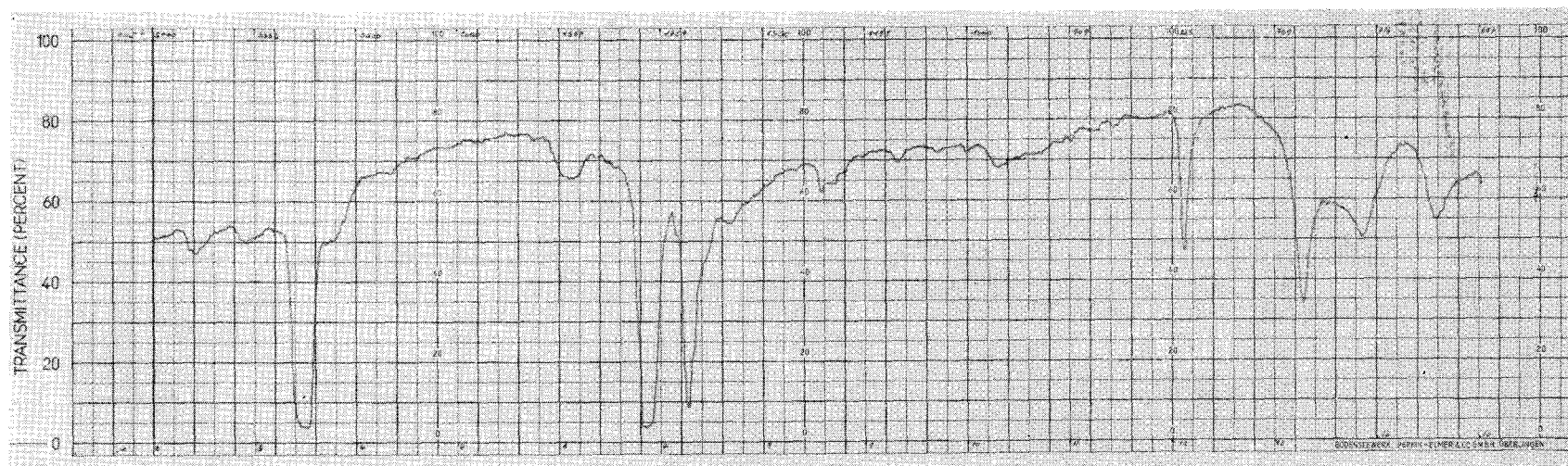
III.2 Hexaphényle.4'.3".2""4""



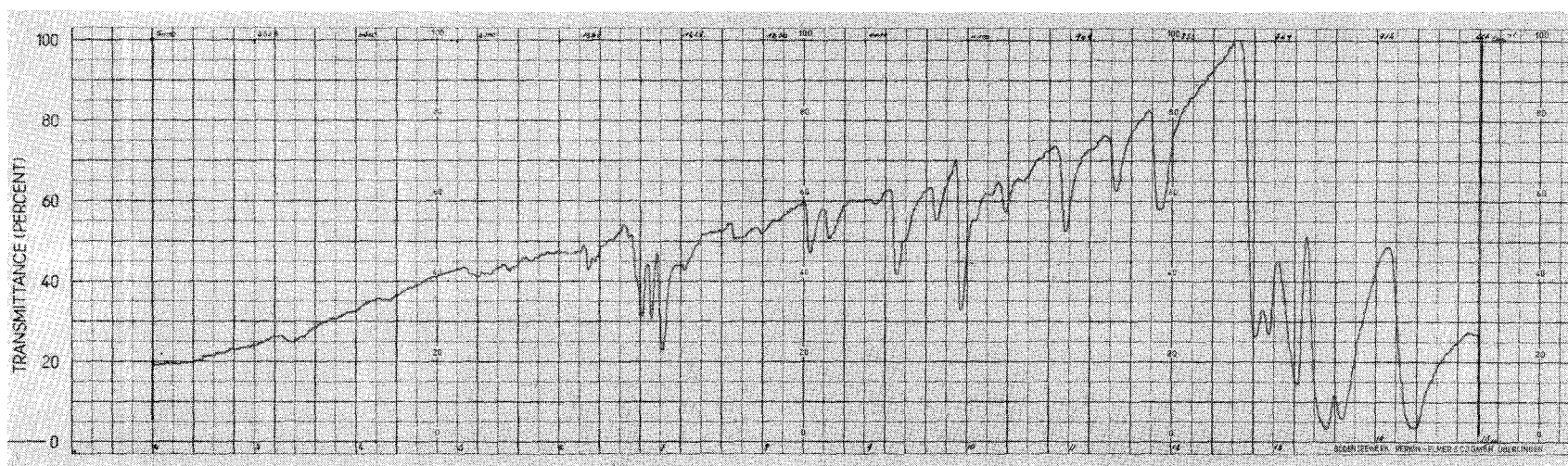
VI.8 Hexaphényle.2'.4".4""2IV



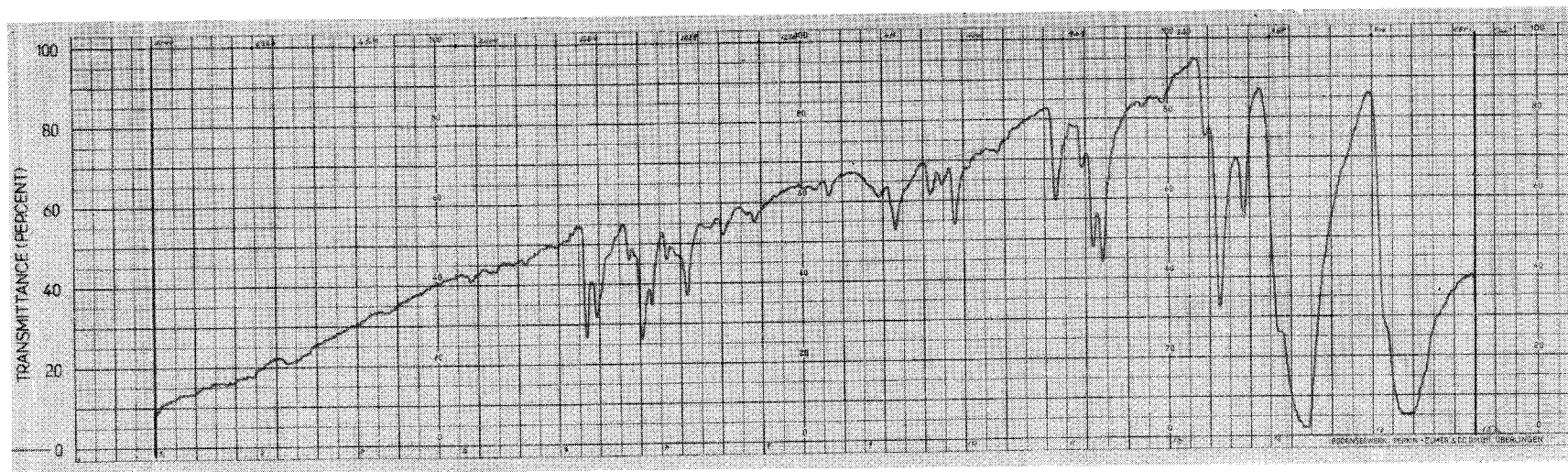
SPECTRES INFRAROUGE RELATIFS AUX QUATERPHENYLES
ET AUX QUINQUAPHENYLES, REPRIS DANS LE TABLEAU VI



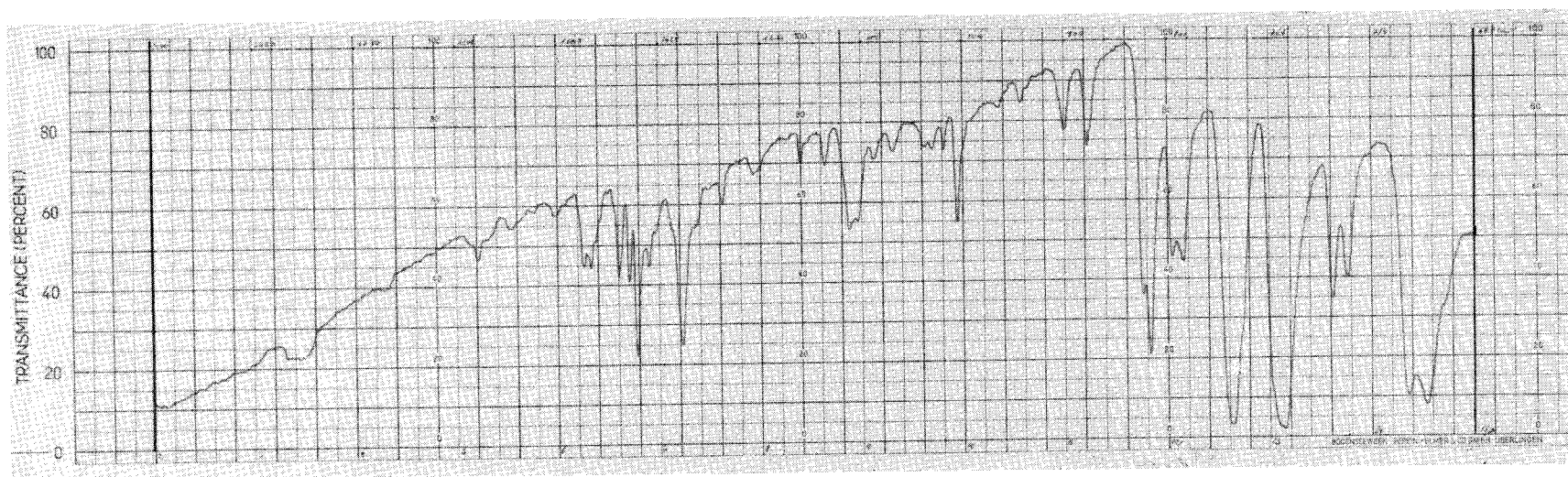
I.1. Quaterphényle.4'4''.



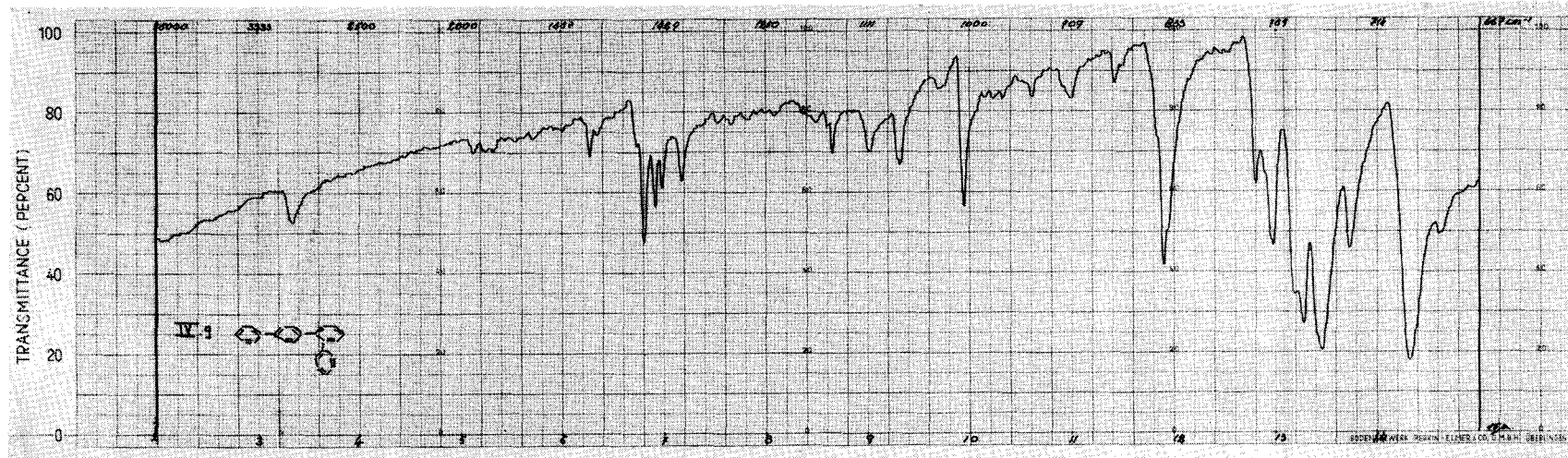
I.3. Quaterphényle.2'2''.



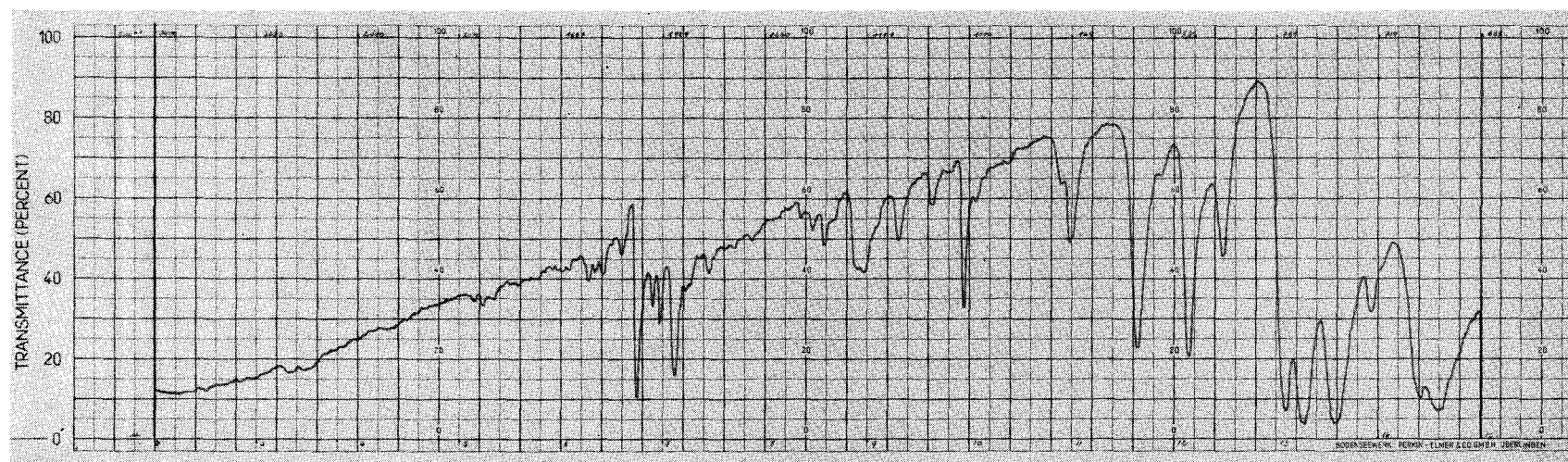
I.4. Quaterphényle.3'3''.



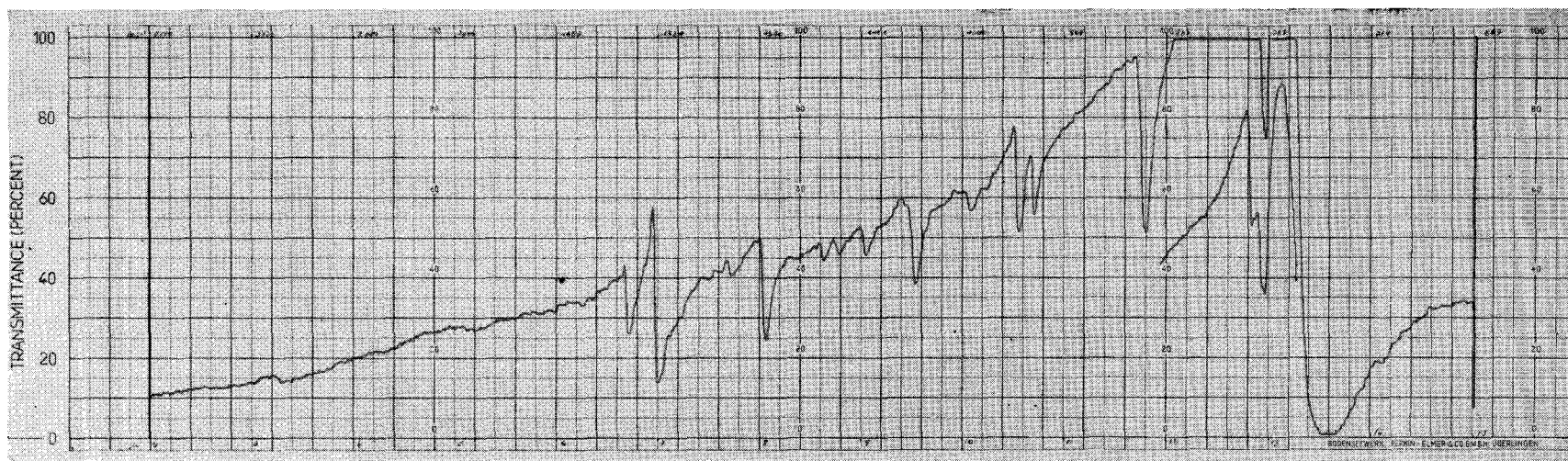
I.9. Méthyl.4.quaterphényle.3'4''.



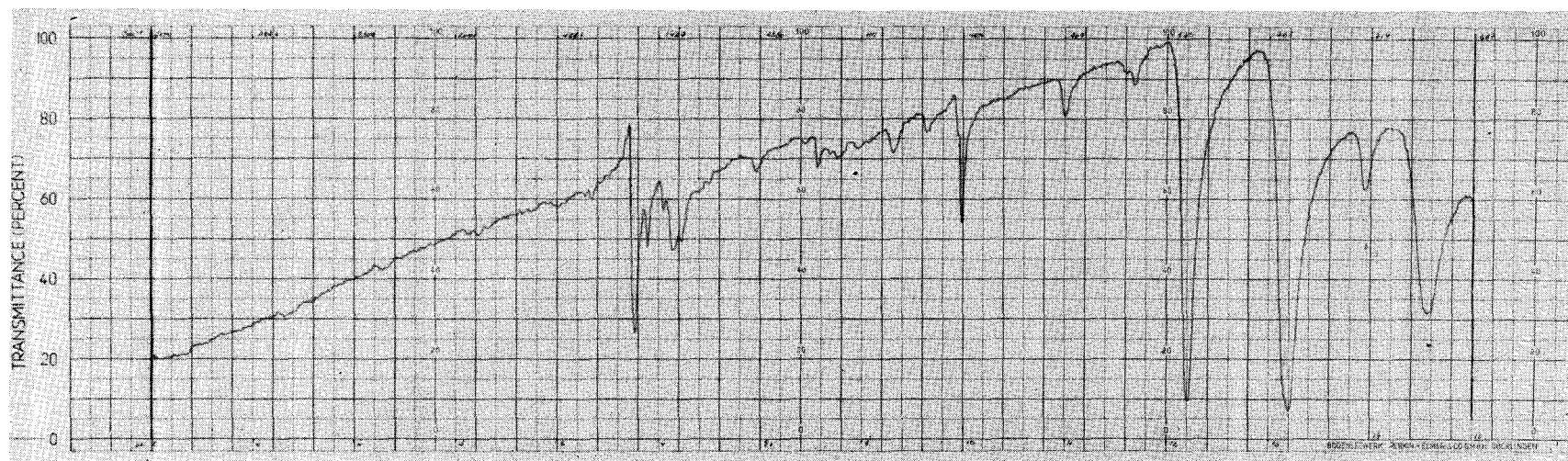
IV.9 Quaterphényle.4'.2''.



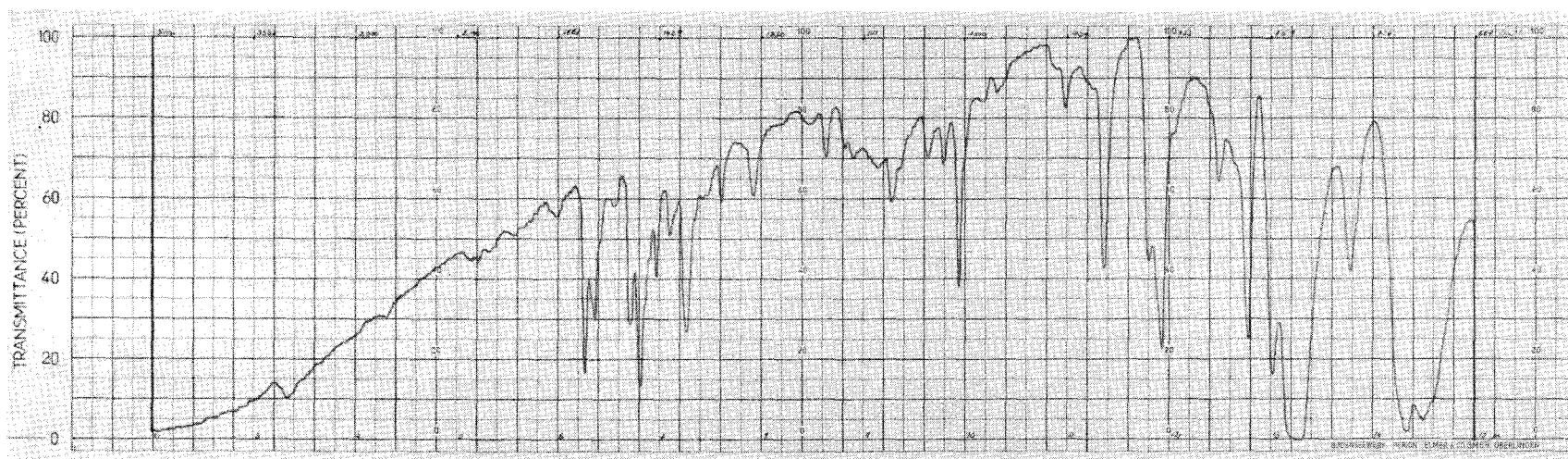
I.5. Dixénylméthane



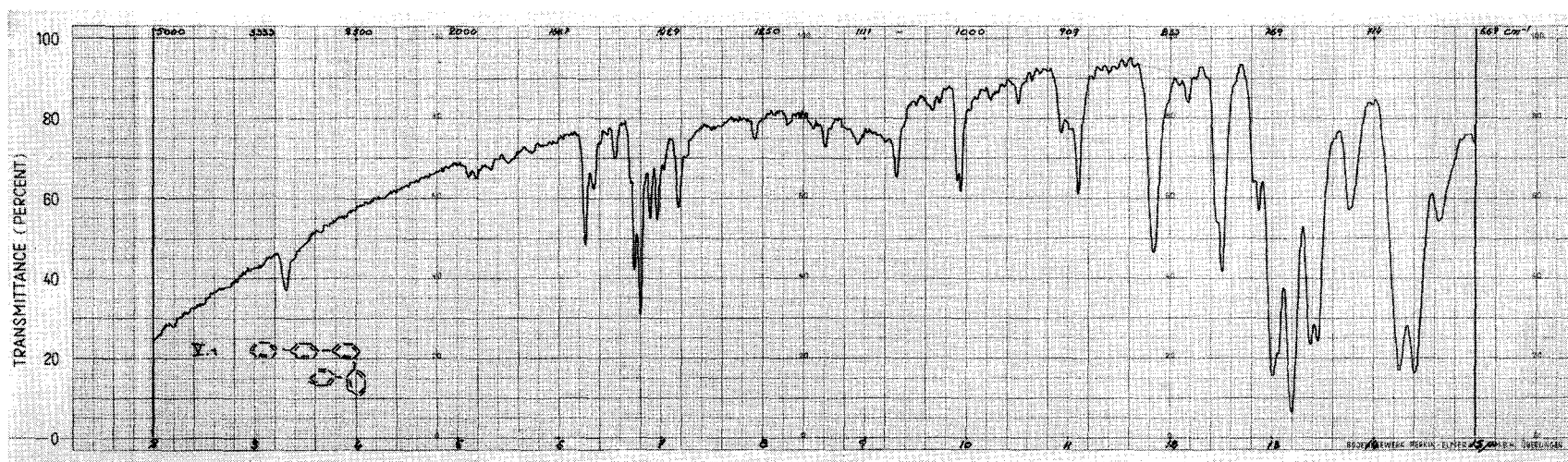
I.6. Triphénylène



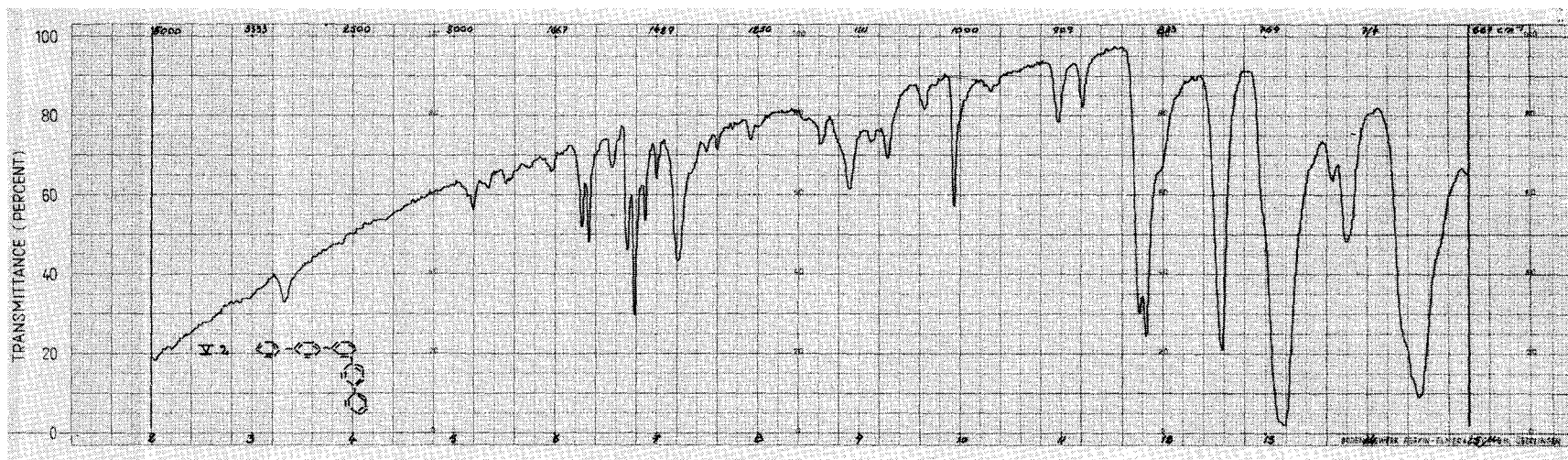
II.1 Quinquaphénylène.4'.4'''.4'''



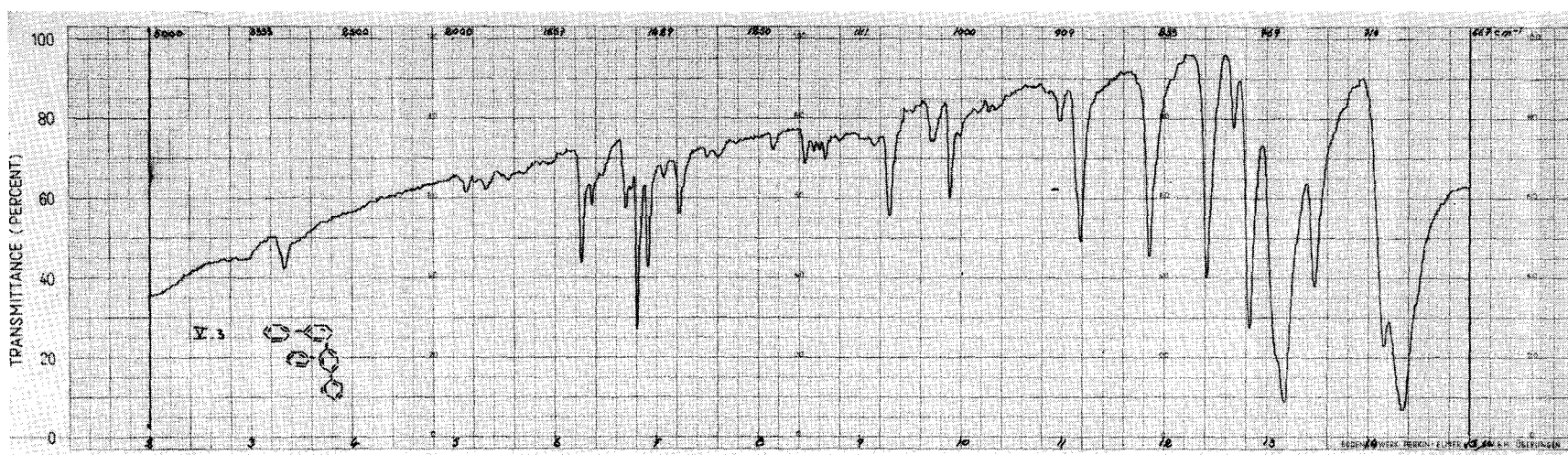
II.2 Quinquaphényle.4'.3''.3'''



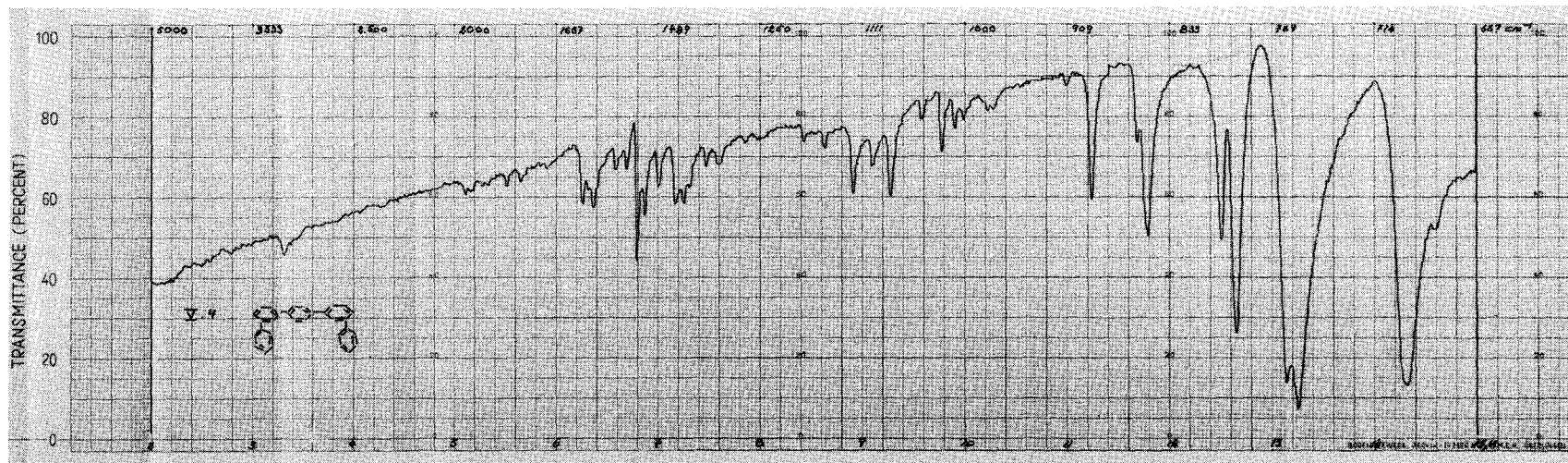
V.1 Quinquaphényle.4'.3''.2'''



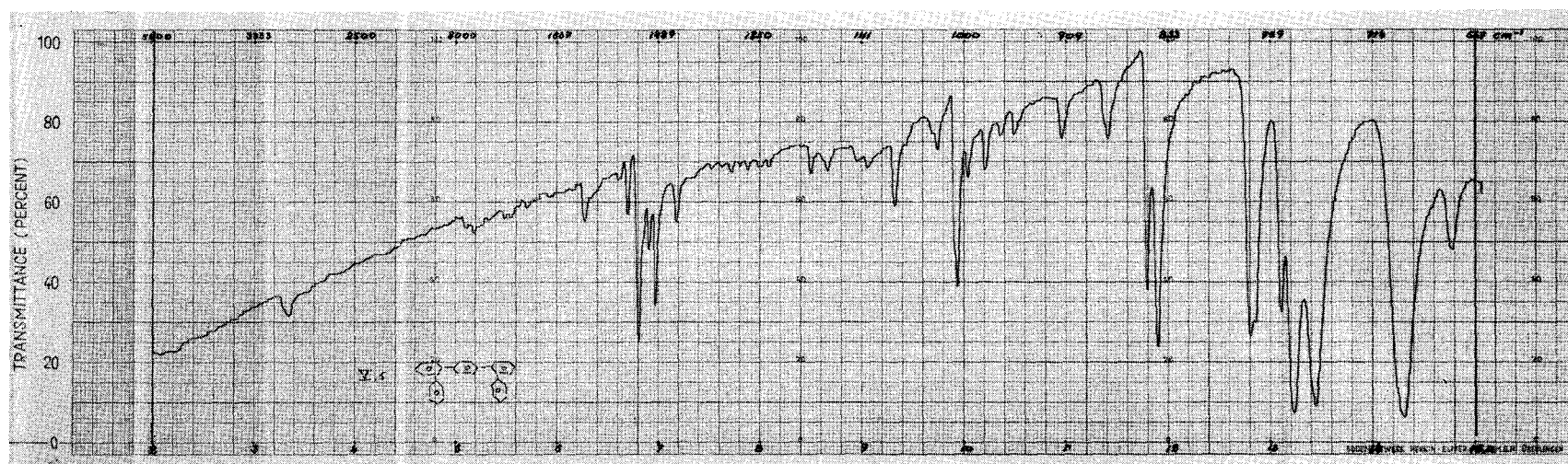
V.2 Quinquaphényle.4'.3".4'''



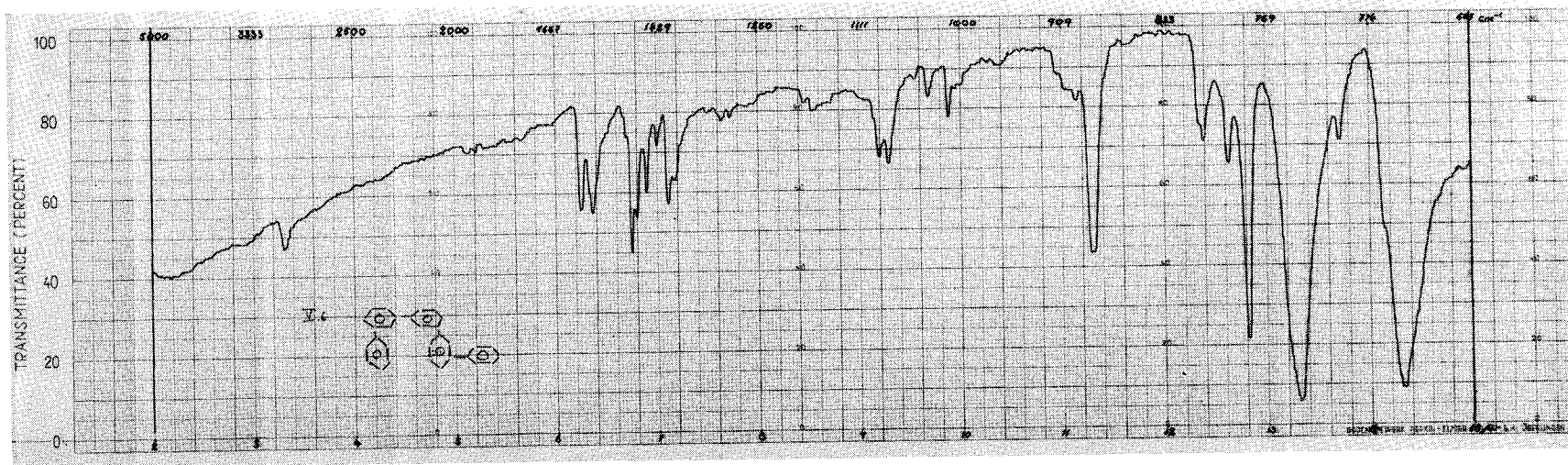
V.3 Quinquaphényle.3'.2".4'''



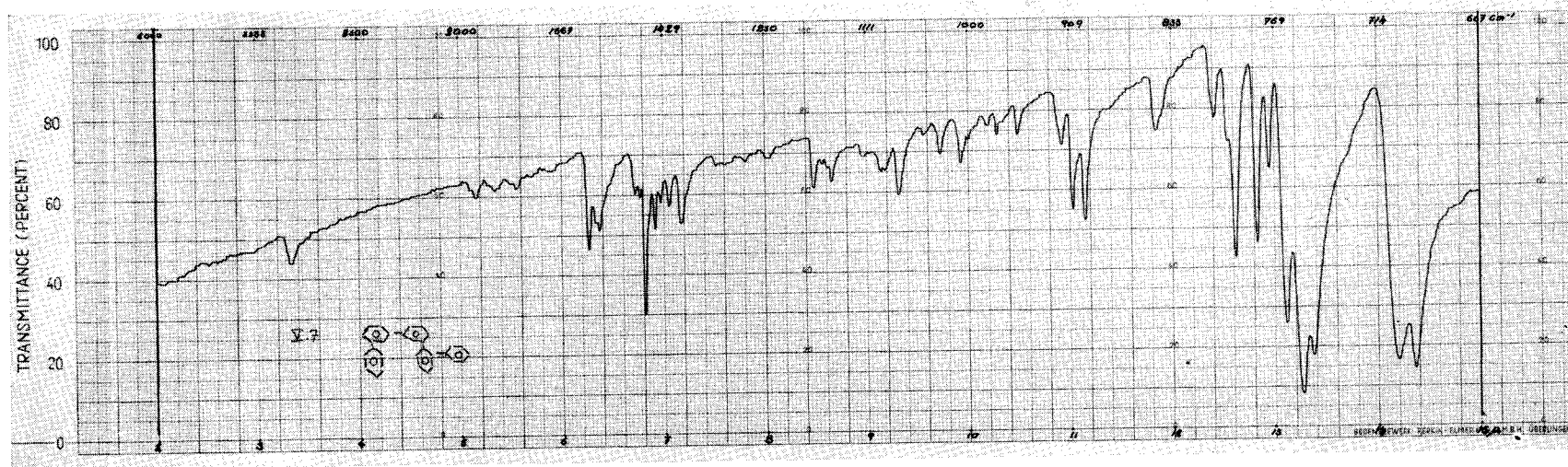
V.4 Quinquaphényle.3'4'3''



V.5 Quinquaphényle.3'4'2''

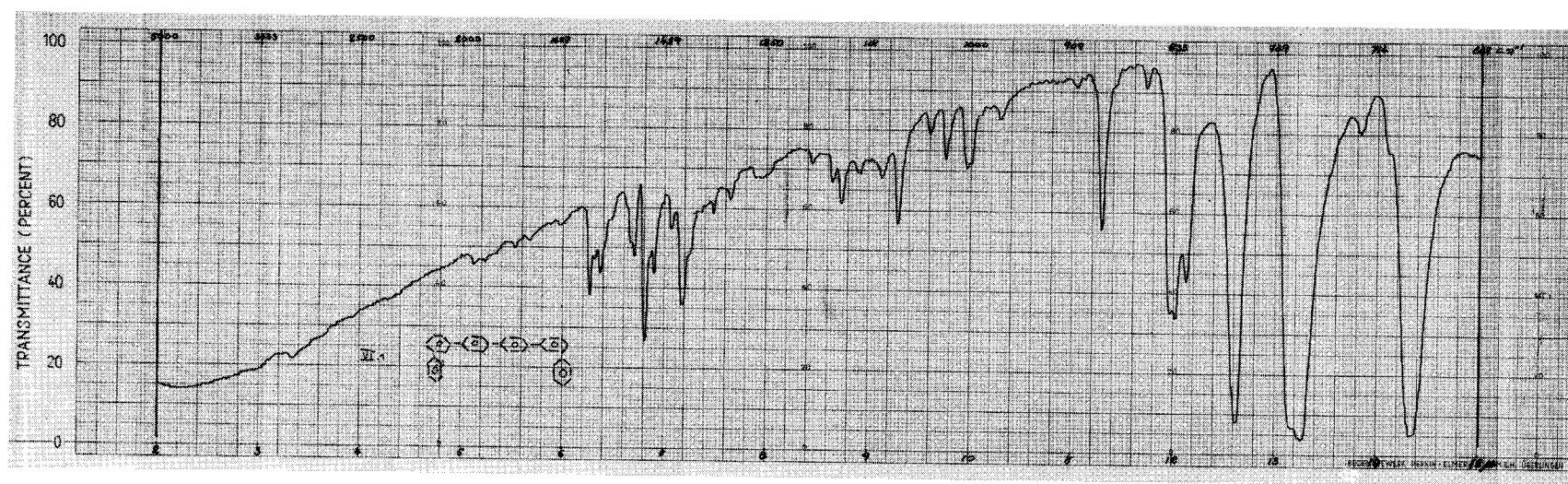


V.6 Quinquaphényle.3'.3".3'''

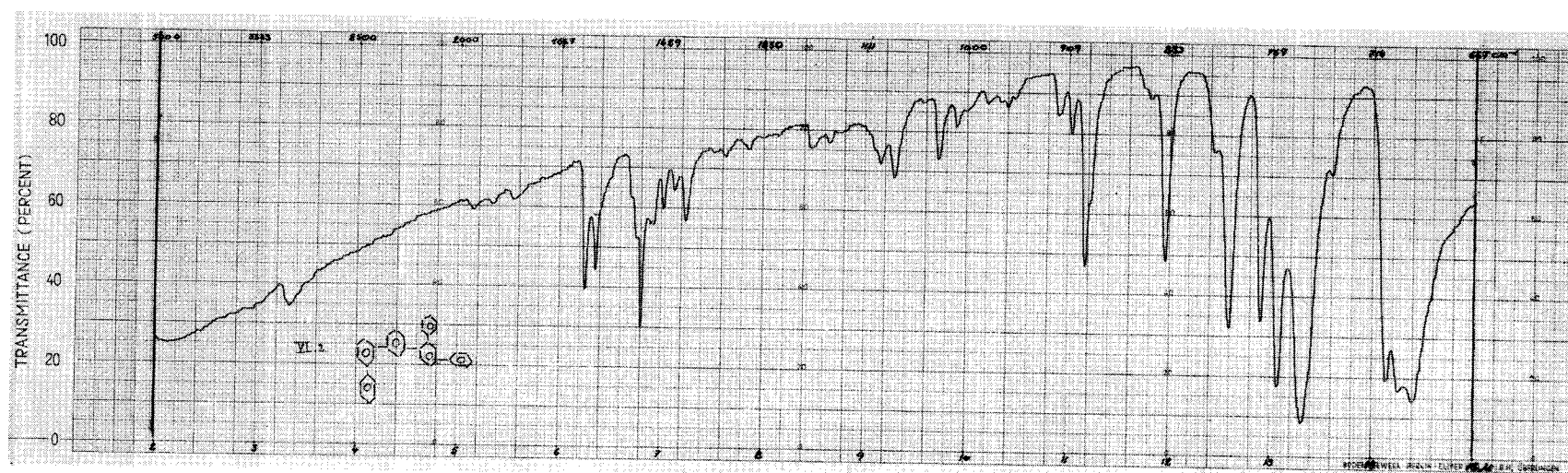


V.7 Quinquaphényle.3'.3".2'''

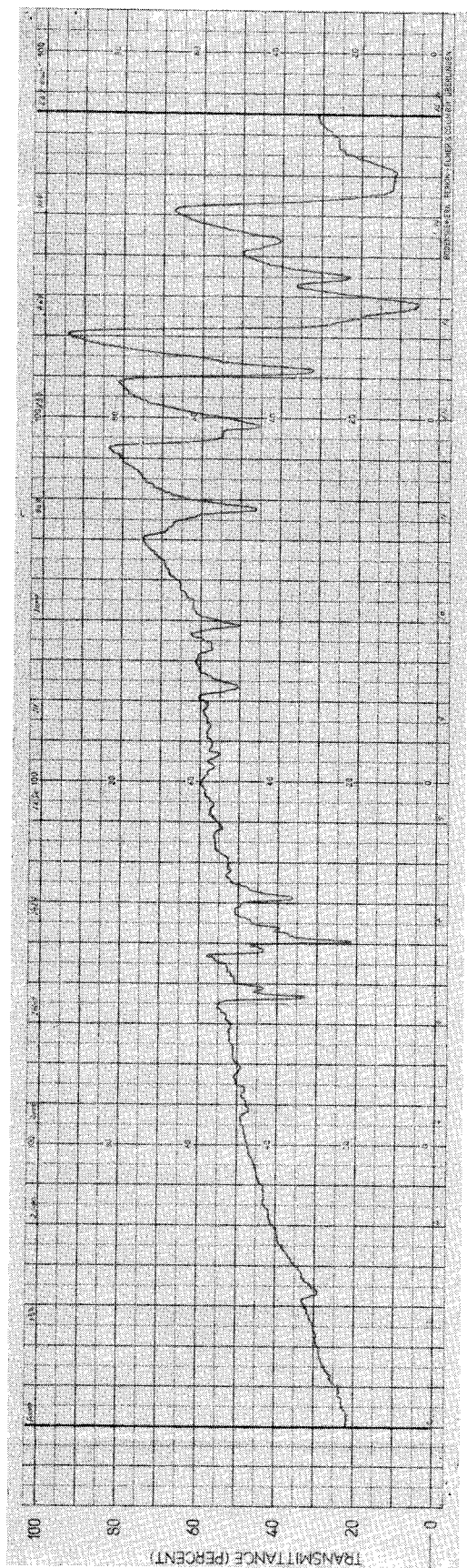
SPECTRES INFRAROUGE RELATIFS AUX HEXAPHENYLES
REPRIS DANS LE TABLEAU IX



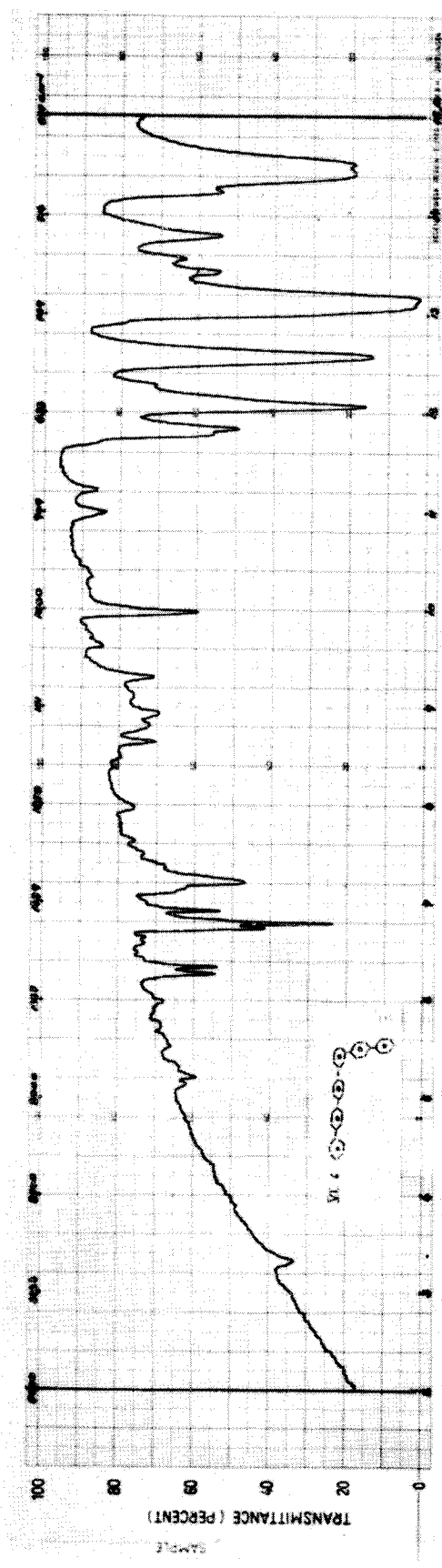
VI.1 Hexaphényle.3'.4''.4'''.3IV



VI.2 Hexaphényle.3'.3''.2'''.4'''



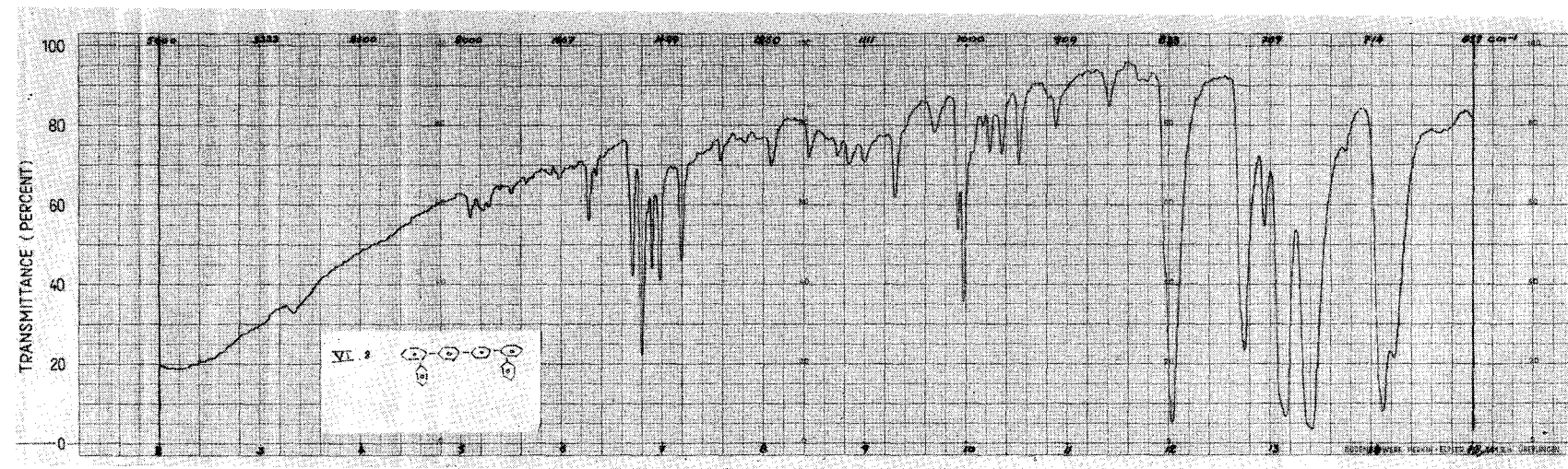
III.2 Hexaphényl-4,3,2-triméthyléther



VI.6 Hexaphényl-4,3,4-triméthyléther



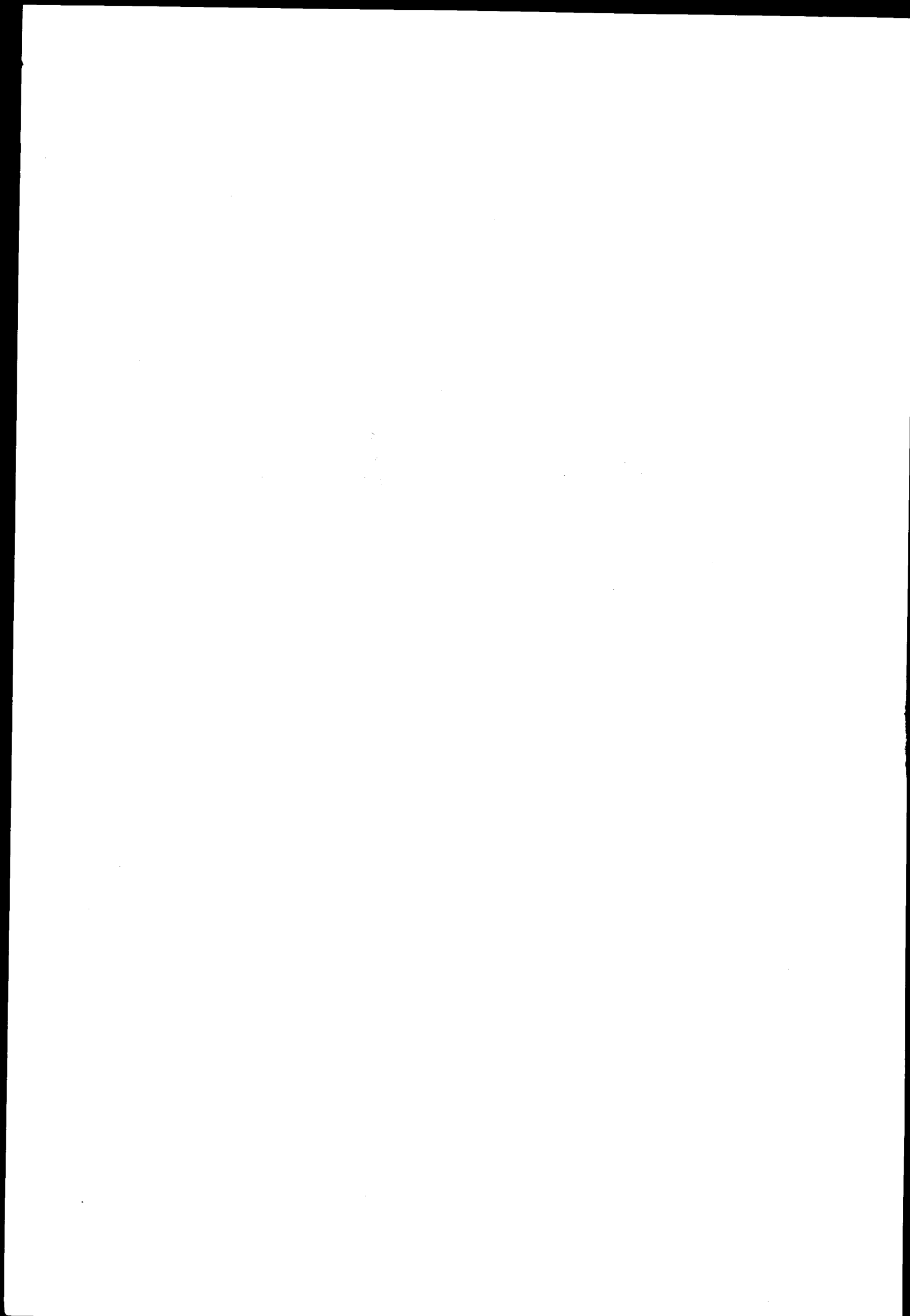
VI.7 Hexaphényle.3'.5'.2''.4''



VI.8 Hexaphényle.2'.4''.4'''.21V

BIBLIOGRAPHIE

- [1] BAVIN P.M.G. — *Can. J. Ch.* (1958), 238.
- [2] BULSTEINS — *Handbuch der Organischen Chemie*, 5, 576.
- [3] GRIEVE — *J. Chem. Soc.* (1932), 1.893.
- [4] ZAHEER S.H. — *J. Indian Chem. Soc.* (1944), 21, 27.
- [5] HUBER W.F., RENDL M., ROSSOW A.G. et MONRY D.T. — *J. Am. Chem. Soc.* (1946), 68, 1.110.
- [6] HAMMOND G. — *J. Am. Chem. Soc.* (1958), 80, 574.
- [7] NOVIKOV A.N. — *Chem. Abstr.* (1959), 53, 21.797.
- [8] SCHMIDT J.J.T., KRIMMEL J.A. et FARRELL T.J. Jr. — *J. Org. Chem.* (1950), 25, 252.
- [9] BOWDEN S.T. — *J. Chem. Soc.* (1931), 1.111.
- [10] WILGERODT — *Ber.* (1909), 42, 3.826.
- [11] ORGANIC SYNTHESIS — 31, 29.
- [12] WOODS G.F. et TUCKER — *J. Am. Chem. Soc.* (1949), 70, 2.174.
- [13] PRICE J. — *J. Am. Chem. Soc.* (1940), 62, 1.160.
- [14] WOODS G.F., VAN ARTSDALE A.L. et REED F.T. — *J. Am. Chem. Soc.* (1950), 72, 3.221.
- [15] WOODS G.F. et REED F.T. — *J. Am. Chem. Soc.* (1949), 71, 1.348.
- [16] WOODS G.F. et TUCKER I.W. — *J. Am. Chem. Soc.* (1948), 70, 3.340.
- [17] KUNZE — *Ber.* (1926), 59, 2.086.
- [18] MÜLLER O. — *Ber.* (1934), 72, 284.
- [19] MATVEEV I.G., DRAPKINA D.A. et GLOBUS R.L. — *Trudy Vsesoyuz Nauch.* (1956), 21, 83.
Chem. Abstr. (1958), 52, 15.474.
- [20] WOODS G.F. et SCOTTI F. — *J. Org. Chem.* (1961), 26, 316.
- [21] HEY D.H., PERKINS M.J. et WILLIAMS G.H. — *J. Chem. Soc.* (1961), 748.
- [22] MEYER R. — *Ber.* (1920), 53, 2.039.
- [23] HAUSCH C. — *J. Org. Chem.* (1958), 23, 477.
- [24] WOODS G.F., OPPELT J.C. et ISAACSON R.B. — *J. Am. Chem. Soc.* (1960), 82, 5.234.
- [25] WOODS G.F., CENTOLA D.D., RUSKIE H.E. et MILLER C.D. — *J. Am. Chem. Soc.* (1960), 82, 5.227.
- [26] ALEXANDER R. — *J. Org. Chem.* (1956), 21, 1.464.
- [27] VORLÄNDER. — *Ber.* 1894, 27, 2.053.
- [28] WOODS G.F., OPPELT J.C. et ISAACSON R.B. — *J. Am. Chem. Soc.*, 1960, 82, 5.232.
- [29] GILLAM A.E. et HEY D.H. — *J. Chem. Soc.*, 1170 (1939).
- [30] WOODS G.F., SWENARTON J.E. et ISAACSON R.B. — *J. Org. Chem.*, 26, 309 (1961).
- [31] WOODS G.F. et SCOTTI F. — *J. Org. Chem.*, 26, 312 (1961).
- [32] WILEY R.H. et WAKEFIELD B.J. — *J. Org. Chem.*, 25, 132 (1960).
- [33] SILVERMANN L. et HOUK. — *Anal. Chem.*, 27, 1956 (1955).
- [34] WITTIG G. et LEHMANN G. — *Chem. Ber.*, 90, 875 (1957).
- [35] MULLIKEN R.S. — *J. Chem. Phys.*, 7, 14 (1939).
- [36] JONES R.N. et SANDORFY C. dans WEISSBERGER A. — *Technique of Organic Chemistry*, vol. IX, p. 391 (1956).
- [37] BELLAMY L.J. — *The Infrared Spectra of Complex Molecules*, p. 55 (1956).



LISTE DES LABORATOIRES UNIVERSITAIRES.

N° du lab.	Dénomination	Professeurs
Labor. Brux. 1	Laboratoire de Physique Nucléaire	P. BAUDOUX
" " 2	Laboratoire de Métallurgie et d'Electro - chimie	D. DECROLY
" " 3	Laboratoire de Métrologie Nucléaire	P. KIPFER
" " 4	Laboratoire de Radioactivation	R. CYPRES
" " 5	Laboratoire de Chimie Physique	R. DEFAY
" " 6	Institut de Mécanique Appliquée	P. JAUMOTTE
" " 7	Laboratoire d'Electronique, et de Radio-electricité	R. HONTOY
Labor. Gand 1	Laboratoire de Chimie Analytique	J. HOSTE
" " 2	Laboratoire de Physique	J.L. VERHAEGHE
Labor. Liège 1	Laboratoire de Chimie Analytique	G. DUYCKAERTS
" " 2	Institut de Physique et de Chimie Nucléaires	G. GUEBEN
" " 3	Laboratoire Van de Graaff	L. WINAND
Lab. Louvain 1	Centre de Physique Nucléaire	P. CAPRON
" " 2	Centre de Physique Nucléaire	M. de FEMPTINNE
" " 3	Institut des Basses Températures et de Physique Expérimentale	A. ITTERBEEK
Labor. Mons 1	Laboratoire de Physique Nucléaire	J. FRANEAU
" " 2	Laboratoire de Chimie Nucléaire	P. WINKLER

ANNEXE 3.

Nature des activités nucléaires des 17 entreprises du secteur privé (Groupe 2)
ayant participé à l'enquête. (1)

Nature des activités	Nombre d'activités déclarées par les 17 entreprises
- Recherche appliquée	7
- Bureaux d'étude et de développement	11
- Analyse et/ou contrôle, protection contre les radiations	4
<u>Secteurs industriels :</u>	
- Traitement chimique et raffinage des concentrés d'uranium et de thorium	1
- Préparation des combustibles nucléaires, sous toutes leurs formes	3
- Fabrication d'éléments de combustibles nucléaires	2
- Production de modérateurs de réacteurs	1
- Production d'électricité	1
<u>Production d'équipements, appareils et produits utilisés dans l'industrie nucléaire :</u>	
- Pièces et équipements spécifiquement destinés à des réacteurs nucléaires	7
- Equipements de laboratoires " chauds "	3
- Equipements et matériel de protection	3
- Appareils de détection et de contrôle des radiations	3
- Appareils de contrôle et de mesure utilisant des radioisotopes	4
- Equipements spéciaux pour le traitement des combustibles irradiés et des déchets	2
- Equipements spéciaux pour l'industrie chimique et métallique nucléaire	3
- Equipements "classiques" pour installations nucléaires	3
Usines de traitement des déchets et effluents	1
Agences de firmes étrangères	1
Autres	2

(1) Ces 17 entreprises représentaient pratiquement toute l'activité nucléaire réelle du secteur purement privé, au moment de l'enquête

- 33 - Laboratoire de Chimie Physique (Professeur R. DEFAY)
- 34 - Laboratoire d'Electronique et de Radio-Electricité (Professeur R. HONTOY)
- 35 - Théorie des Accélérateurs et Rayonnement (1) (Professeur P. JANSSENS)
- 36 - Institut de Mécanique Appliquée (Professeur A. JAUNOTTE)
- 37 - Laboratoire de Métrologie Nucléaire (Professeur P. KIPFER)
- Université de l'Etat à Gand :
- 38 - Laboratoire de Chimie Analytique (Professeur J. HOSTE)
- 39 - Laboratoire de Physique (Professeur J.L. VERHAEGHE)
- Université de l'Etat à Liège :
- 40 - Laboratoire de Chimie Analytique (Professeur DUYCKAERTS)
- 41 - Institut de Physique et de Chimie Nucléaires (Professeur GUEBEN)
- 42 - Laboratoire Van de Graaff (Professeur WINAND)
- Université Catholique de Louvain :
- 43 - Centre de Physique Nucléaire (dépt. du Professeur P. CAPRON)
- 44 - Centre de Physique Nucléaire (dépt. du Professeur M. de HEMPTINNE)
- 45 - Institut des Basses Températures et de Physique Expérimentale (Professeur A. ITTERBEEK)
- c. - Etablissement d'utilité publique :
- 46 - Institut Interuniversitaire des Sciences Nucléaires (I.I.S.N.)

(1) n'a pas fourni des renseignements détaillés pour l'emploi.

- 16 - Société Générale Métallurgique de Hoboken, S.A.,
14, rue Greiner à Hoboken.
- 17 - TRACERLAB, S.A.,
277, chaussée d'Anvers à Malines.

2.- Secteur public et para-public.

a.- Ministères :

- des Affaires Economiques et de l'Energie :

- 18 - Centre d'Etude de l'Energie Nucléaire (C.E.N.)
à Mol-Donk;

- de l'Agriculture :

- 19 - Station de Recherches de l'Etat pour l'Amélioration des
plantes de Grande Culture,
à Lemberge.

b. - Etablissements d'Enseignement Supérieur :

- Ecole Royale Militaire :

- 20 - Laboratoire du Professeur COEKELBERGS;

- Faculté Polytechnique de Mons :

- 21 - Laboratoire de Physique Nucléaire (Professeur J. FRANEAU)

- 22 - Laboratoire de Chimie Nucléaire (Professeur WINKLER)

- Institut Agronomique de l'Etat à Gand :

- 23 - Centre de Pédologie (Département du Professeur L. BAERT)

- 24 - Centre de Pédologie (Département du Professeur L. DE LEENHEER)

- 25 - Centre de Zootechnie (Professeur J. Martin)

- 26 - Entomologie Appliquée (Professeur J. van den BRANDEN)

- 27 - Laboratoire de chimie Physique (Professeur A. VAN DES HENDE)

- 28 - Laboratoire de Technologie (Professeur A. WILSSENS)

- Institut Agronomique de l'Etat à Gembloux :

- 29 - Laboratoire de Physique Générale (Professeur C. CORIN)

- Université Libre de Bruxelles :

- 30 - Laboratoire de Physique Nucléaire, (Professeur P. BAUDOUX)
Laboratoire Physique des Plasmas,

- 31 - Laboratoire de Radioactivation (Professeur R. CYPRES)

- 32 - Laboratoire de Métallurgie et d'Electro-
Chimie (Professeur R. DECROLY)

Annexe 2

Liste des institutions, organismes et entreprises ayant participé à l'enquête.

1.- Secteur privé.

- 1 - Association des Industriels de Belgique,
29, avenue A.Drouart à Bruxelles 16.
- 2 - Ateliers de Constructions Electriques de Charleroi
(A.C.E.C.)
B.P. 254 à Charleroi.
- 3 - Ateliers de la Meuse, S.A.
à Sclessin, (Liège).
- 4 - BELCHIM (Société Belge de Chimie Nucléaire) S.A.,
35, rue des Colonies à Bruxelles 1.
- 5 - BELGO-NUCLEAIRE, S.A.,
35, rue des Colonies à Bruxelles 1.
- 6 - Bell Telephone Manufacturing Co, S.A.,
1, Place Welles à Anvers.
- 7 - Bureau d'Etudes Nucléaires, S.A.
47, rue Montoyer à Bruxelles 4.
- 8 - Centre et Sud, S.A.,
5, rue de la Bonté à Bruxelles 5.
- 9 - COCKERILL-UGREE, S.A.,
à Seraing.
- 10 - L'Electro-Navale et Industrielle, S.A.,
17, Kontische steenweg à Aartselaar.
- 11 - Etude et Construction EVENCE COPPEE-RUST, S.A.
103, Bd. de Waterloo, à Bruxelles 1.
- 12 - FABRICOM, S.A.,
607, Avenue de Schaerbeek à Bruxelles 13.
- 13 - Manufacture Belge de Lampes et de Matériel Electronique
(M.B.L.E.), S.A.,
80, rue des Deux Gares à Bruxelles 7.
- 14 - Métallurgie et Mécanique Nucléaires, S.A.,
12, Europalaan à Dessel.
- 15 - Société d'Etudes, de Recherches et d'Applications pour l'Indus-
trie, S.A.,
1.091, chaussée d'Alsemberg à Bruxelles 16.

J.-APERCU GLOBAL DES DEPENSES RELATIVES AUX ACTIVITES D'ORDRE NUCLEAIRE.

Pourcentage approximatif de l'activité nucléaire dans l'activité totale

%

	Dépenses réelles (1)				Dépenses prévues	
	Au cours des années antérieures à 1962		Au cours de l'année 1962		Au cours de l'année 1963	
	Dépenses de personnel	Autres dépenses	Dépenses de personnel	Autres dépenses	Dépenses de personnel	Autres dépenses
<u>Recherche :</u>						
-fondamentale						
-appliquée						
-développement						
<u>Exploitation :</u>						

(1) En centaines de milliers de francs belges.

Investissements totaux :

-au cours des années antérieures à 1962 :

-au cours de l'année 1962 ;

-au cours de l'année 1963 :

Avez-vous un programme d'engagement de dépenses pour les années postérieures à 1963?

-Durée prévue du programme :

-Estimation budgétaire :

B.- Postes à conférer de fin juin 1963 à fin juin 1967				
	Nombre	F o n c t i o n	Formation de base	Formation nucléaire
<u>Personnel de formation universitaire :</u>			(1)	(2)
<u>Personnel de formation technique supérieure :</u>			(1)	(2)
<u>Personnel de formation technique secondaire :</u>			(2)	(2)
<u>Autres formations :</u>			(2)	(2)

(1) Indiquer les numéros de code des fiches individuelles s.v.p.
 (2) A spécifier en détail s.v.p.

DIFFICULTES DE RECRUTEMENT :

Y a-t-il des emplois actuellement ouverts non pourvus de titulaires par manque de candidats ? Si oui, depuis quand ?
 (minimum de 3 mois)

.....

I.- TABLEAU DE RECRUTEMENT D'ICI 1967.

A.- Postes à conférer de fin juin 1962 à fin juin 1963				
	Nombre	F o n c t i o n	Formation de base	Formation nucléaire
<u>Personnel de formation universitaire :</u>			(1)	(2)
<u>Personnel de formation technique supérieure :</u>			(1)	(2)
<u>Personnel de formation technique secondaire :</u>			(2)	(2)
<u>Autres formations :</u>			(2)	(2)

(1) Indiquer les numéros de code des fiches individuelles s.v.p.

(2) A spécifier en détail s.v.p.

NATURE DES ACTIVITES NUCLEAIRES PREVUES A LONG TERME.

Activités nucléaires	Nature des activités nucléaires prévues à long terme (plus de 2 ans)	
	Objet des travaux	Commanditaires
1) <u>Enseignement :</u>		
A.01		
A.02		
A.03		
2) <u>Recherche :</u>		
A.04		
A.05		
3) <u>Bureaux d'étude et de développement :</u>		
A.06		
4) <u>Analyse et/ou contrôle, protection contre les radiations :</u>		
A.07		
5) <u>Secteurs industriels :</u>		
A.08		
A.09		
A.10		
A.11		
A.12		
A.13		
A.14		
A.15		
A.16		
A.17		
A.18		
A.19		
6) <u>Production d'équipements, appareils et produits utilisés dans l'industrie nucléaire :</u>		
A.20		
A.21		
A.22		
A.23		
A.24		
A.25		
A.26		
A.27		
7) <u>Usines de traitement des déchets et effluents :</u>		
A.28		
8) <u>Agences de firmes étrangères :</u>		
A.29		
9) <u>Autres :</u>		
A.30		

NATURE DES ACTIVITES NUCLEAIRES PREVUES A COURT TERME.

Activités nucléaires	Nature des activités nucléaires prévues à court terme (1 à 2 ans)	
	Objet des travaux	Commanditaires
1) <u>Enseignement :</u>		
A.01		
A.02		
A.03		
2) <u>Recherche :</u>		
A.04		
A.05		
3) <u>Bureaux d'étude et de développement :</u>		
A.06		
4) <u>Analyse et/ou contrôle, protection contre les radiations :</u>		
A.07		
5) <u>Secteurs industriels :</u>		
A.08		
A.09		
A.10		
A.11		
A.12		
A.13		
A.14		
A.15		
A.16		
A.17		
A.18		
A.19		
6) <u>Production d'équipements, appareils et produits utilisés dans l'industrie nucléaire:</u>		
A.20		
A.21		
A.22		
A.23		
A.24		
A.25		
A.26		
A.27		
7) <u>Usines de traitement des déchets et effluents:</u>		
A.28		
8) <u>Agences de firmes étrangères :</u>		
A.29		
9) <u>Autres :</u>		
A.30		

H.- NATURE DES ACTIVITÉS NUCLEAIRES ACTUELLES.

Activités nucléaires	Nature des activités nucléaires Actuelles		
	Objet des travaux	Commanditaires	Durée prévue (en années)
1) <u>Enseignement</u> :			
A.01			
A.02			
A.03			
2) <u>Recherche</u> :			
A.04			
A.05			
3) <u>Bureaux d'étude et de développement</u> :			
A.06			
4) <u>Analyse et/ou contrôle, protection contre les radiations</u> :			
A.07			
5) <u>Secteurs industriels</u> :			
A.08			
A.09			
A.10			
A.11			
A.12			
A.13			
A.14			
A.15			
A.16			
A.17			
A.18			
A.19			
6) <u>Production d'équipements, appareils et produits utilisés dans l'industrie nucléaire</u> :			
A.20			
A.21			
A.22			
A.23			
A.24			
A.25			
A.26			
A.27			
7) <u>Usines de traitement des déchets et effluents</u>			
A.28			
8) <u>Agences de firmes étrangères</u> :			
A.29			
9) <u>Autres</u> :			
A.30			

F.- STRUCTURE QUANTITATIVE ET QUALITATIVE DE L'EMPLOI DU PERSONNEL SUBALTERNE DANS LES SERVICES AYANT DES ACTIVITES NUCLEAIRES OU PARANUCLEAIRES (FORMATIONS SECONDAIRES SUPERIEURES OU INFERIEURES) AU 30 JUIN 1962.

Niveaux de formation	Emploi		Dont avec formation nucléaire de type (1)										
	Hommes	Femmes	I		II		III		IV		V		
			Hommes	Femmes	Hommes	Femmes	Hommes	Femmes	Hommes	Femmes	Hommes	Femmes	
<u>Enseignement technique</u>													
B.1													
A.2													
A.3/A.4													
Autres ouvriers diplômés													
Ouvriers qualifiés non diplômés													
<u>Enseignement technique d'autres orientations</u>													
<u>Enseignement général</u>													
Humanités complètes													
Humanités incomplètes													
<u>Sans formation au-delà de l'obligation scolaire</u>													

(1) Formation nucléaire de type I, II, III, IV et V : à définir selon durée de la formation.

G.- Que pensez-vous des formations nucléaires dispensées actuellement? Y a-t-il des carences ? Que suggérez-vous pour remédier à ces éventuelles situations de carence ?

Niveaux de formation	Remarques	Suggestions
<u>Enseignement universitaire (1)</u>		
.....		
.....		
.....		
<u>Enseignement technique supérieur (1)</u>		
.....		
.....		
.....		
<u>Formation technique A.2 spécifiquement nucléaire (1)</u>		
.....		
.....		
.....		

(1) Indiquer les numéros de code des fiches individuelles s.v.p.

Y a-t-il des cycles de formation nucléaire organisés dans votre institution, votre entreprise ? Lesquels ? Pour quels niveaux ?

E.- INDIVIDUEEL BLAD VOOR HET PERSONEEL MET SECUNDAIRE TECHNISCHE OPLEIDING, VAN DE HOGERE GRAAD, GESPECIALISEERD OP NUCLEAIR GEBIED, DAT NUCLEAIR OF PARANUCLEAIRE OPDRACHTEN HEEFT.

Volgnummer : Naam : Voornaam :

Geslacht : Nationaliteit : Belg

Leeftijd : Jaar, waarin het basisdiploma behaald werd :

Basisopleiding(en) (van de A.2 - gediplomeerden, gespecialiseerd op nucleair gebied) :

E.01 - A.2 techniek scheikunde der kernenergiebedrijven

E.02 - A.2 techniek electronika der kernenergiebedrijven

E.03 - Andere nader te omschrijven nucleaire basisopleiding(en)

.....
.....

Theoretisch Praktisch Jaar

Na-schoolse nucleaire opleiding (genoten in een onderwijs- en navorsingsinstelling, of in een bedrijf)
(Duidt aan of het gaat om een cursus, seminarie of stage)

.....	Duur :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
.....	Duur :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
.....	Duur :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
.....	Duur :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Afdeling, waar de betrokkene werkzaam is :
Aard der opdrachten :

Uitgeoefende functies : - nucleaire : De eraan bestede tijd (z) :
- andere : De eraan bestede tijd (z) :

Beroepsanciënniteit op nucleair gebied :

(z) Full time; van 75 % tot 100 %; van 50 % tot 75 %; van 25 % tot 50 %; minder dan 25 %.

D.- FICHE INDIVIDUELLE POUR LE PERSONNEL DE FORMATION TECHNIQUE SUPERIEURE S'OCCUPANT D'ACTIVITES NUCLEAIRES OU PARANUCLEAIRES.

N° d'ordre : Nom : Prénom :
Sexe : Nationalité : belge []
Age : Année d'obtention du diplôme de base :

Formation(s) de base (des ingénieurs techniciens) :

- D.01 - Ingénieur technicien des mines
D.02 - Ingénieur technicien des constructions civiles
D.03 - Ingénieur technicien électricien
D.04 - Ingénieur technicien mécanicien
D.05 - Ingénieur technicien électromécanicien
D.06 - Ingénieur technicien électronicien
D.07 - Ingénieur technicien des industries nucléaires
D.08 - Ingénieur technicien chimiste, biochimiste
D.09 - Ingénieur technicien agricole
D.10 - Gradué en sciences commerciales
D.11 - Autres formations à spécifier :

Théorie Pratique Année

Formation nucléaire post-scolaire (acquise dans un établissement d'enseignement et de recherche ou dans l'entreprise)

(Précisez si cours, séminaires, stages) Durée:
..... Durée:
..... Durée:
..... Durée:

Département où l'intéressé exerce ses activités :

Genre d'activités :

Fonctions exercées : -nucléaires :, Temps y consacré (a):
-autres :, Temps y consacré (a):

Ancienneté professionnelle dans les activités nucléaires :

(a) Full time; 75 % à 100 %; 50 à 75 %; 50 à 25 %; moins de 25 %.

C. FICHE INDIVIDUELLE POUR LE PERSONNEL UNIVERSITAIRE S'OCCUPANT D'ACTIVITES NUCLEAIRES OU PARANUCLEAIRES.

N° d'ordre : Nom : Prénom :
Sexe Nationalité : belge []
Age : Année d'obtention du diplôme de base ; []

Formation(s) de base :

- C.01 - Ingénieur civil des mines
C.02 - Ingénieur civil des constructions civiles
C.03 - Ingénieur civil métallurgiste
C.04 - Ingénieur civil chimiste
C.05 - Ingénieur civil mécanicien
C.06 - Ingénieur civil électricien
C.07 - Ingénieur civil électromécanicien
C.08 - Ingénieur civil électronicien
C.09 - Ingénieur civil physicien
C.10 - Ingénieur civil (autre, à spécifier)
C.11 - Docteur ou licencié en sciences mathématiques
C.12 - Docteur ou licencié en sciences physiques
C.13 - Docteur ou licencié en sciences chimiques
C.14 - Docteur ou licencié en sciences biochimiques
C.15 - Docteur ou licencié en sciences géologiques
C.16 - Docteur ou licencié en sciences (autres, à spécifier)
C.17 - Docteur en médecine Spécialité
C.18 - Pharmacien
C.19 - Ingénieur agronome
C.20 - Docteur ou licencié en sciences économiques et financières
C.21 - Docteur ou licencié en sciences sociales
C.22 - Docteur ou licencié en sciences commerciales
C.23 - Ingénieur commercial
C.24 - Docteur en droit
C.25 - Autre, à spécifier

Formation nucléaire post-universitaire (acquise dans un éta-
blissement d'enseignement et de recherche, ou dans l'entreprise)
(Pécisez si cours, séminaires, stages)Durée
.....Durée
.....Durée
.....Durée

Département où l'intéressé exerce ses activités :
Genre d'activités :

Fonctions exercées : -nucléaires : Temps y consacré (m) :
-autres Temps y consacré (m) :

Ancienneté professionnelle dans les activités nucléaires ;
(m) Full time; 75 à 100%; 50 à 75%; 50 à 25%; moins de 25%.

-L'institution, l'organisme ou l'entreprise a-t-il (elle) des activités non nucléaires : OUI - NON

Si oui, spécifiez succinctement lesquelles :

-Décrivez succinctement vos activités nucléaires principales :

-Depuis quelle année vous occupez-vous d'activités nucléaires ?

B.- EFFECTIFS OCCUPES.

Effectifs globaux de l'entreprise au 30 juin 1962 :
(activités nucléaires et éventuellement non nucléaires)

-Employés :
-Ouvriers :

Effectifs occupés à des activités nucléaires:

Direction et cadres supérieurs (*) :
Cadres subalternes et employés occupés -aux études de développement :
-à la recherche :
-à la production:
-à l'administration :
-à l'entretien :
Ouvriers occupés -à la production :
-à l'entretien :

Nombre total de personnes occupées à temps plein ou partiel
à des activités nucléaires ou paranucléaires :

Parmi les membres de votre personnel ayant des activités nucléaires, quelles sont les catégories qui sont soumises
à un contrôle médical spécial du fait de leurs activités nucléaires ?

.....
.....
.....
.....
.....

(*) directeurs, directeurs adjoints et assimilés de division ou de l'entreprise (par exemple : recherches, administration, bureau d'étude et de développement, production, etc...).

Raison sociale de l'institution ou de l'entreprise :

Adresse : Localité :

Personne(s) contactée(s) :

A.- ACTIVITES TOMBANT DANS LE CHAMP DE LA PRESENTE ENQUETE (activités nucléaires).

1) Enseignement :

- A.01 - universitaire
- A.02 - technique supérieur
- A.03 - technique secondaire

2) Recherche :

- A.04 - fondamentale
- A.05 - appliquée

3) A.06 - Bureaux d'étude et de développement

4) A.07 - Analyse et/ou contrôle, protection contre les radiations

5) Secteurs industriels :

- A.08 - extraction des minerais d'uranium et de thorium
- A.09 - concentration de ces minerais
- A.10 - traitement chimique et raffinage des concentrés d'uranium et de thorium
- A.11 - préparation des combustibles nucléaires, sous toutes leurs formes
- A.12 - fabrication d'éléments de combustibles nucléaires
- A.13 - fabrication d'hexafluorure d'uranium
- A.14 - production d'uranium enrichi
- A.15 - traitement des combustibles irradiés en vue de la séparation de tout ou partie des éléments qu'ils contiennent
- A.16 - production de modérateurs de réacteurs
- A.17 - production de zirconium exempt d'hafnium, ou de composés de zirconium exempt d'hafnium
- A.18 - production d'électricité
- A.19 - traitement des déchets et effluents

6) Production d'équipements, appareils et produits utilisés dans l'industrie nucléaire :

- A.20 - pièces et équipements spécifiquement destinés à des réacteurs nucléaires
- A.21 - équipements de laboratoires "chauds"
- A.22 - équipements et matériel de protection
- A.23 - appareils de détection et de contrôle des radiations
- A.24 - appareils de contrôle et de mesure utilisant des radioisotopes
- A.25 - équipements spéciaux pour le traitement des combustibles irradiés et des déchets
- A.26 - équipements spéciaux pour l'industrie chimique et métallurgique nucléaire
- A.27 - équipements "classiques" pour installations nucléaires (à spécifier)

7) A.28 - Usines de traitement des déchets et effluents

8) A.29 - Agences de firmes étrangères

9) A.30 - Autres (à spécifier)

CHAMP DE L'ENQUETE.

Sont comprises dans le champ de l'enquête :

- 1.- Les institutions ou bureaux d'études se livrant à la recherche nucléaire fondamentale pure ou appliquée, ou travaillant à des projets de recherche en vue d'applications nucléaires.
- 2.- Les institutions et entreprises de production d'énergie à partir de combustibles nucléaires.
- 3.- Les entreprises de production et de traitement des combustibles nucléaires et de leurs sous-produits, ainsi que des matériaux et produits spéciaux de qualité nucléaire.
- 4.- Les entreprises fabriquant des pièces et équipements destinés à la fabrication des combustibles des réacteurs nucléaires, à des laboratoires "chauds", au traitement des combustibles irradiés et des déchets, des équipements de protection, de détection et de contrôle des radiations.
Il s'agit d'une manière générale d'entreprises fabriquant des équipements et des appareils spécifiquement destinés à des applications nucléaires, qui répondent à des exigences spéciales concernant la radioactivité, la résistance à la corrosion et à l'irradiation, l'exploitation et l'entretien à distance ou qui ont des conditions de fonctionnement particulières.
En sont exclus : les équipements et appareils qui, bien qu'utilisés dans le domaine atomique, ne sont pas spécialement élaborés pour des applications nucléaires.
- 5.- Les institutions et organismes chargés du contrôle et de la protection contre la radioactivité.

PLAN DU DOSSIER D'ENQUETE.

- A.- Activités nucléaires.
- B.- Effectifs occupés.
- C.- Fiche(s) individuelle(s) pour le personnel de formation universitaire.
- D.- Fiche(s) individuelle(s) pour le personnel de formation technique supérieure.
- E.- Fiche(s) individuelle(s) pour le personnel de formation technique secondaire du degré supérieur.
- F.- Structure de l'emploi du personnel subalterne.
- G.- Remarques et suggestions sur les formations nucléaires dispensées.
- H.- Nature des activités nucléaires actuelles et prévues.
- I.- Tableau de recrutement.
- J.- Dépenses.
- K.- Observations.

ENQUETE-PILOTE SUR LA QUALIFICATION ET LES
BESOINS DE PERSONNEL SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE QUALIFIE DANS LE
SECTEUR DES ACTIVITES NUCLEAIRES EN BELGIQUE.

BUTS DE L'ENQUETE.

Dans un secteur d'activité aussi neuf que le secteur nucléaire, dont le développement plus qu'ailleurs, est conditionné par la haute qualification scientifique ou technique du personnel dont il peut disposer, une politique à court et long terme de l'emploi est une nécessité vitale.

Mais tout programme a besoin de données de base avant de pouvoir être construit.

Le but de la présente enquête-pilote est d'essayer, pour un pays où les activités nucléaires sont en plein développement, de mettre au point un système de collecte des informations indispensables à l'élaboration d'une politique de main-d'oeuvre, de manière à ce que ce développement s'effectue harmonieusement.

Si cet objectif est atteint, grâce à la collaboration active des institutions et entreprises ayant des activités nucléaires, non seulement auront-elles contribué puissamment à la mise au point d'un outil qui pourra être utilisé par les autres pays membres de l'Euratom, mais encore bénéficieront-elles, à l'intervention de l'Euratom, d'éléments d'information leur permettant de mieux orienter leur politique de recrutement.

Les renseignements sollicités ci-après doivent servir à :

- 1) l'établissement d'un inventaire quantitatif et qualitatif du personnel actuellement en service et si possible évolution récente des structures de l'emploi ;
- 2) l'évaluation des éventuelles pénuries actuelles en personnel qualifié à tous les niveaux ;
- 3) l'établissement d'une prévision à cinq ans ;
- 4) la détermination des éventuelles carences ;
- 5) l'obtention d'un aperçu des dépenses scindées en dépenses globales de personnel et autres dépenses (investissements + fonctionnement) consacrées aux activités nucléaires, de manière à pouvoir calculer certains ratios et
- 6) la mise au point d'une méthodologie d'enquête sur la situation de l'emploi qualifié et les prévisions de besoins aux niveaux universitaire, technique supérieur et technique secondaire du degré supérieur.

CONCLUSIONS.

Enquête-pilote portant sur la Belgique, la présente étude de l'emploi spécialisé dans les activités nucléaires a donné des résultats assez satisfaisants.

En effet, malgré les difficultés rencontrées, elle apporte des précisions intéressantes sur la structure qualitative et quantitative de l'emploi dans le secteur nucléaire belge. Elle constitue un jalon, pour des analyses plus poussées à entreprendre dans d'autres pays, à la lumière de cette première expérience.

La collaboration des personnes et organismes recensés fut entière; la somme de données objectives recueillies en témoigne. Par contre, des questions, telles celles relatives à l'évolution de l'emploi, dans les prochaines années, ne pouvaient pas apporter de réponses nettes ou détaillées, la cause en étant imputable aux conditions de vie actuelles du secteur.

Si l'on fait le bilan des résultats obtenus pour les structures qualitatives des différents secteurs analysés, on constate que pour le Centre d'Etude de l'Energie Nucléaire de Mol, la prédominance va aux scientifiques; les physiciens et les chimistes constituent l'ossature de base de cet organisme.

Les ingénieurs civils y sont relativement moins nombreux que dans le secteur privé, en raison même de la nature des activités.

Cette organisme offre également des débouchés aux éléments féminins: chimistes, physiciennes et mathématiciennes y trouvent à s'employer dans la recherche. L'emploi y est assez stable, son extension dépendant de la solution du problème de financement de l'Institution.

Dans le secteur privé, la situation est différente. La plupart des entreprises analysées sont actives dans d'autres secteurs que le secteur nucléaire. L'emploi hautement qualifié est dominé par l'ingénieur civil, les scientifiques ne se rencontrent qu'en nombres relativement restreints. La politique de personnel de ces entreprises est d'ailleurs beaucoup plus souple, car si un malaise quelconque se fait sentir dans les activités nucléaires, on récupère le personnel

2.4 - TABLEAU N°.47 - Tableau récapitulatif des prévisions de recrutement ou des besoins en personnel spécialisé pour le secteur nucléaire pour la période 1963-1968

Niveaux de formation	Secteur privé		C.E.N.	Univer- sités	I.I.S.N.	Inst. Agronom.
	1ère méthode	2ème méthode				
<u>Personnel de forma- tion universitaire</u>	73	47	45	18	-	7
<u>Ingénieurs-technic.</u>	54	31	40	10	-	5
<u>Techniciens A.2</u>	118	11	55	4	-	2
TOTAL	245	89	140	32	-	14

La demande potentielle devrait être assez facilement couverte par les cohortes de diplômés quittant annuellement les établissements d'enseignement belges. D'autant plus que la demande globale sera inférieure à la somme des demandes des sous-secteurs par suite de la mobilité professionnelle de l'un à l'autre (du C.E.N. ou de l'I.I.S.N. vers le secteur privé principalement).

TABLEAU N° 46 - Souhaités d'extension de personnel exprimés par les directeurs de laboratoires universitaires
au cours de l'enquête, pour la période 1964-1968

Institutions Formation	Universités	I.I.S.N.	Instituts agronomiques	TOTAL
				n
<u>Universitaires :</u>				
Ingénieurs civils électro- mécaniciens	1	-	-	1
Ingénieurs civils en métallurgie	3	-	-	3
Total Ingénieurs civils	4	-	-	4
Licenciés et docteurs en sciences physiques	7	-	3	10
Licenciés et docteurs en sciences chimiques	7	-	2	9
Total Licenciés et Doc- teurs en Sciences	14	-	5	19
Ingénieurs agronomes	-	-	2	2
Total UNIVERSITAIRES	18	-	7	25
<u>Ingénieurs-techniciens :</u>				
Ing. techn. électroniciens	5	-	-	5
Ing. techn. électriciens	1	-	-	1
Ing. techn. industries nu- cléaires	1	-	-	1
Ing. techn. chimistes	3	-	5	8
Total Ingénieurs techn.	10	-	5	15
<u>Techniciens A.2 et assi- milés :</u>				
Techn. A.2 électroniciens industries nucléaires	2	-	-	2
Techn. A.2 électriciens	2	-	-	2
Techn. A.2 chimistes	-	-	2	2
Total techniciens A.2	4	-	2	6
TOTAL GENERAL :				
- chiffres absolus	32	-	14	46
- %	69,6	-	30,4	100

2.3 - Estimation de la demande 1963-1968 en personnel spécialisé dans l'Enseignement supérieur et la recherche scientifique au sein des Universités et établissements assimilés.

Il est fort malaisé de supputer l'évolution de l'emploi dans le haut enseignement et dans la recherche scientifique académique.

Le volume des effectifs engagés dans la recherche dépendra, avant tout, de l'évolution des subsides accordés aux diverses institutions par les pouvoirs publics, principalement.

Pour l'I.I.S.N., il est absolument impossible de déterminer ce que sera le recrutement futur. Les subsides sont actuellement bloqués à leur niveau actuel et l'on n'y prévoit guère d'extension de personnel durant au moins trois ans. Ensuite, on espère une légère amélioration de la situation.

Les Universités et les Instituts Agronomiques ont tenté de répondre de la meilleure façon possible, à la question qui leur fut posée quant à leurs besoins futurs en personnel scientifique et technique.

Une couverture stricte des besoins des professeurs titulaires de laboratoire demanderait le recrutement de 25 universitaires, de 15 ingénieurs-techniciens et de 6 techniciens A.2, ce qui représente 4 à 5 personnes par an.

La structure de ces besoins futurs en personnel montre combien les chercheurs universitaires sont peu assistés dans leur tâche.

D'autre part, très souvent, l'extension du cadre de recherche dépend de la possibilité d'acquérir certains équipements. Enfin, il est d'autant plus difficile d'établir des prévisions, que l'on ignore la proportion de jeunes chercheurs quittant chaque année les laboratoires universitaires.

TABLEAU N°.44 - Engagements faits au C.E.N. par diplôme et par spécialité, au cours de la période 1960-1963.

Spécialité Niveaux de formation	Moyenne annuelle des engagements pour ces 4 années																				
	Agronomie	Biologie	Botanique	Chimie	Construction	Droit	Electricité	Electro-mécanique	Electronique	Horticulture	Industries alimentaires	Mathématiques	Mécanique	Médecine	Métallurgie	Mines	Pharmacie	Physique	Zoologie	Engagements totaux	Moyenne annuelle des engagements
Universitaires	2	2	2	11	2	1	5	5	2	-	-	1	2	4	5	1	3	10	2	60	15
Ingénieurs techniciens	1	-	-	24	1	-	5	8	6	-	2	-	6	-	2	-	-	-	-	55	14
Techniciens A.2	2	-	-	7	-	-	10	20	12	1	-	-	13	-	-	-	-	-	-	65	16

Comme le maintien d'un pareil rythme de recrutement supposerait une extension des crédits accordés au C.E.N., ces chiffres n'ont pas été retenus pour fixer la demande future. On les a donné ici à titre documentaire.

TABLEAU N°.45 - Besoins totaux du C.E.N. par grands niveaux de formation, calculés pour la période prévisionnelle 1963-1968.

Niveaux de formation	Prévisions calculées sur base des départs :	
	Prévisions 1964-1968	Moyenne annuelle
Universitaires	45	9
Ingénieurs techniciens	40	8
Techniciens A.2	55	11

La ventilation de la demande, suivant les spécialisations des différents diplômes, présente plus de difficultés que dans le secteur privé, pour la raison que l'on ignore si la structure qualitative actuelle du personnel du C.E.N. correspond à une structure optimale. De plus, celle-ci est susceptible de varier assez rapidement, en fonction des programmes de recherche en cours, ou également en fonction du personnel disponible. Pour ces raisons, on s'est abstenu de décomposer la demande probable par spécialisation de diplômes.

portante au C.E.N. et ce, pour plusieurs raisons :

- a) nombre de jeunes ingénieurs et de scientifiques considèrent leur séjour à Mol comme temporaire. C'est le passage indispensable à l'acquisition d'une formation spécialisée, l'intention étant de faire carrière dans l'industrie ou dans un bureau d'étude et de développement. C'est d'ailleurs une des missions du Centre de Mol que de contribuer à la formation spécialisée ou au perfectionnement;
- b) les possibilités de carrière y sont considérées comme insuffisantes sur certains plans (financier, statut, etc...);
- c) enfin, pour des motivations diverses qui ont été avancées aux enquêteurs, certains membres du personnel préfèrent interrompre leur carrière au C.E.N.

Une partie des éléments quittant le C.E.N. s'est orientée vers des activités nucléaires dans le secteur privé mais on a observé que, dans les années passées, beaucoup de chercheurs ont, soit changé d'activités lorsqu'ils restaient en Belgique, ou sont partis à l'étranger ou dans des organisations internationales.

TABLEAU N° 43 - Départs du C.E.N. au cours des années 1960, 1961, 1962 et 1963.

Années	Personnel de formation universitaire	Ingénieurs techniciens	Autres techniciens	Total du personnel spécialisé
1960	10	7	6	23
1961	10	14	17	41
1962	7	4	10	21
1963	19	10	40	69
Moyenne annuelle 1960-1963	11	9	18	38
Moyenne annuelle 1960-1962	9	8	11	28

L'augmentation des départs du C.E.N. en 1963, étant considérée comme supérieure à la normale, on a estimé la demande pour les cinq années 1964-1968 à la moyenne des départs des années 1960-1962, la demande globale étant majorée de l'excédent de départs de l'année 1963. La demande immédiatement solvable serait donc plus élevée d'autant.

Si l'on se réfère aux engagements effectifs des années 1960-1963, on constate que les chiffres moyens sont supérieurs à ceux des départs.

TABLEAU N° 42 - Evaluation des besoins en ingénieurs techniciens, dans le secteur privé, pour la période 1964-1968, déterminée selon les deux méthodes retenues.

Ingénieurs-techniciens à recruter, par spécialisation.	Structures des effectifs de 1963 en % (1)	Besoins 1964-1968, selon		Différences (2) - (3)	Moyenne des évaluations prévisionnelles
		1ère méthode (2)	2ème méthode (3)		
<u>Ingénieurs-techniciens :</u>					
- électriciens	24,4	27 (X)	22	- 5	25
- mécaniciens	17,8	20	16	- 4	18
- électromécaniciens	15,6	17	14	- 3	11
- électroniciens	8,9	10	8	- 2	9
- des industries nucléaires	4,4	5	3	- 2	4
- chimistes	28,9	33 (X)	16	- 17	25
TOTAL INGENIEURS TECHNICIENS	100	112	79	- 33	92

(X) Prévisions réellement détaillées, par spécialisation.

On se bornera à une remarque en ce qui concerne les ingénieurs-techniciens. Les spécialisations, dans les industries nucléaires, étant relativement récentes, il est vraisemblable que leur représentation dans les structures actuelles du personnel est inférieure à ce qu'elle devrait être. Il y aura probablement, dans le recrutement futur, substitution d'ingénieurs-techniciens, électriciens ou chimistes, par des ingénieurs-techniciens spécialisés dans les industries nucléaires.

Au niveau des techniciens A.2, on n'a pas tenté de dissocier la demande future en fonction des spécialisations. Il est probable qu'une fraction, non négligeable, de celle-ci portera sur des techniciens A.2 spécialisés pour les industries nucléaires.

2.2 - Estimation de la demande 1964-1968 en personnel spécialisé au C.E.N.

Le problème de l'évaluation de la demande au C.E.N. se résume au remplacement du personnel quittant l'institution et à d'éventuelles extensions de cadres. Comme ces dernières dépendent de l'augmentation des crédits qui seraient accordés au C.E.N. et que l'on ne prévoyait pas, au moment de l'enquête, de modifications notables de ceux-ci dans les années à venir, l'on a tenu compte uniquement des besoins de remplacement de personnel (pour cause de décès, de fin de carrière normale, de démission).

La rotation du personnel, ainsi qu'il apparaît au tableau n° 43 est assez im-

TABLEAU N°.41 - Evaluation des besoins en universitaires, dans le secteur privé, pour la période 1964-1968, déterminés selon les deux méthodes retenues.

Personnel universitaire à recruter, par spécialisation	Structures des effectifs de 1963 en %(1)	Besoins 1964-1968 selon		Différence (2) - (3) (4)	Moyenne des évaluations prévisionnelles
		1ère méthode (2)	2ème méthode (3)		
<u>-Ingénieurs civils :</u>					
-en construct.civile	7,8	18	16	- 2	17
-métallurgistes	5,6	13	12	- 1	13
-chimistes	5,6	13	12	- 1	13
-mécaniciens	7,8	18	16	- 2	17
-électriciens	19,0	44(✕)	40	- 4	42
-électro-mécaniciens	27,5	64(✕)	57	- 7	61
-électroniciens	2,8	6	6	- -	6
-physiciens	1,4	3	3	- -	3
TOTAL INGENIEURS CIVILS	77,5	179	162	- 17	172
<u>-Docteurs ou Licenciés en Sciences :</u>					
-mathématiques	0,7	2	1	- 1	2
-physiques	7,0	16(✕)	14	- 2	15
-chimiques	9,9	23(✕)	20	- 3	22
TOTAL DOCTEURS ET LICENCIES EN SCIENCES	17,6	41	35	- 6	39
-Economistes	4,2	10	8	- 2	9
-Médecins	0,7	2	1	- 1	2
TOTAL UNIVERSITAIRES	100	232	206	- 26	222

(✕) Prévisions réellement détaillées, par spécialisation.

Pour quatre spécialisations cependant, des estimations ont été données par les entreprises : il s'agit des ingénieurs civils, électro-mécaniciens et électriciens et des docteurs ou licenciés en sciences chimiques et physiques. Ceci a permis de vérifier, pour ces quatre niveaux, si, par rapport au total des besoins exprimés, la proportion relative pour les dits niveaux se maintenait entre les structures existant en 1963 et celles prévues pour 1968. L'ordre de grandeur restait le même.

On trouvera au tableau n°.41 ce que pourrait être, éventuellement, la demande en personnel par type de spécialisation. Ce tableau est donné plutôt à titre indicatif car, entre certaines spécialisations, il peut y avoir inter-changeabilité.

2.1.3. Comparaison des prévisions selon les deux méthodes retenues.

Si l'on compare les prévisions suivant les deux méthodes retenues, on constate que la seconde donne des besoins inférieurs à ceux trouvés par la première méthode.

Si prises globalement, les différences apparaissent assez considérables, surtout pour le personnel technicien, lorsqu'on calcule les besoins futurs, entreprise par entreprise, les écarts représentent au plus quelques unités.

L'ordre de grandeur des besoins, déterminés selon l'une ou l'autre méthode, reste donc assez voisin.

TABLEAU N° 40 - Comparaison des prévisions 1964-1968 établies selon les deux méthodes retenues, pour le secteur privé.

Niveaux de formation	E f f e c t i f s			Différence (2) - (3) Total
	en 1963 (1)	prévus en 1968		
		1ère méthode d'estimation (2)	2ème métho- de d'esti- mation (3)	
<u>Personnel de formation univer- sitaire :</u>				
- chiffres absolus	159	232	206	- 26
- indices (1963 = 100)	100	145,98	129,42	
<u>Ingénieurs techniciens :</u>				
- chiffres absolus	58	112	89	- 23
- indices	100	193,10	153,45	
<u>Techniciens A.2 :</u>				
- chiffres absolus	70	188	81	- 107
- indices	100	268,57	115,72	
TOTAL: - chiffres absolus	315	573	412	- 156
- indices	100	181,90	130,80	

Il y aurait éventuellement lieu d'apporter une très légère correction aux estimations, pour tenir compte des taux de mortalité et de la mobilité professionnelle : on ne l'a toutefois pas fait, étant donné que la population en cause est généralement assez jeune et qu'elle semble relativement stable.

Comment se présentent les besoins de recrutement sur le plan qualitatif? En ce domaine, il est plus hasardeux d'entrer dans le détail des spécialisations requises du personnel qui devra être recruté. Très souvent, d'ailleurs, les personnes interrogées n'ont pu évaluer les besoins globaux en personnel que par rapport aux grands niveaux de formation.

Le caractère fragmentaire des données de base, qui ont été utilisées, ne permet pas de tirer des conclusions de portée générale, mais il semble néanmoins que la courbe d'évolution de l'emploi dans "l'entreprise moyenne" ou le "bureau d'études moyen" durant les dix premières années de son existence, corresponde à une branche de courbe parabolique. Toutefois, en raison du nombre restreint d'années disponibles dans la série, il est prématuré de calculer une courbe théorique d'évolution, d'autant plus que les variations futures de la croissance de l'emploi sont susceptibles d'être influencées par des facteurs exogènes difficilement discernables à l'heure actuelle.

En fonction de l'évolution constatée de l'emploi dans le passé et de l'ancienneté des activités nucléaires des entreprises recensées, l'emploi global du secteur nucléaire privé en 1968 serait supérieur de 27% à celui de 1963.

TABLEAU N° 38 - Courbe théorique de l'évolution de l'emploi en fonction de l'ancienneté des activités nucléaires des entreprises et de l'évolution passée de l'emploi, calculée pour l'ensemble du secteur privé.

Années	1963	1964	1965	1966	1967	1968
Indices d'évolution de l'emploi total	100	106,5	112	117	122	127

Pour la détermination des besoins qualitatifs en personnel, on s'est basé sur les rapports de structure de l'emploi tels qu'ils apparaissent en 1963. Ce choix, certes, arbitraire, a été retenu à défaut d'autres hypothèses plausibles; si des modifications éventuelles de structure ne doivent donc pas être exclues à priori, elles ne semblent pas devoir être importantes.

On trouvera au tableau n°.39 les chiffres de recrutement annuel moyen, auxquels on arrive selon la méthode de calcul ci-dessus.

TABLEAU N° 39 - Calcul prévisionnel des besoins en personnel spécialisé, de formation universitaire, technique supérieure et technique secondaire du niveau supérieur pour le secteur privé, pour la période 1964-1968.

Niveaux de formation	Effectifs 1963	Prévisions de l'emploi 1964-1968	Recrutements	
			totaux à faire jusqu'en 1968	moyens annuels théoriques
<u>Personnel de formation universitaire :</u>				
- chiffres absolus	159	206	47	9
- indices (1963 = 100)	100	129,42		
<u>Ingénieurs techniciens :</u>				
- chiffres absolus	58	89	31	6
- indices	100	153,45		
<u>Techniciens A.2. :</u>				
- chiffres absolus	70	81	11	2
- indices	100	115,72		

Courbe théorique de l'évolution de l'emploi suivant le nombre d'années d'activités nucléaires de l'entreprise.

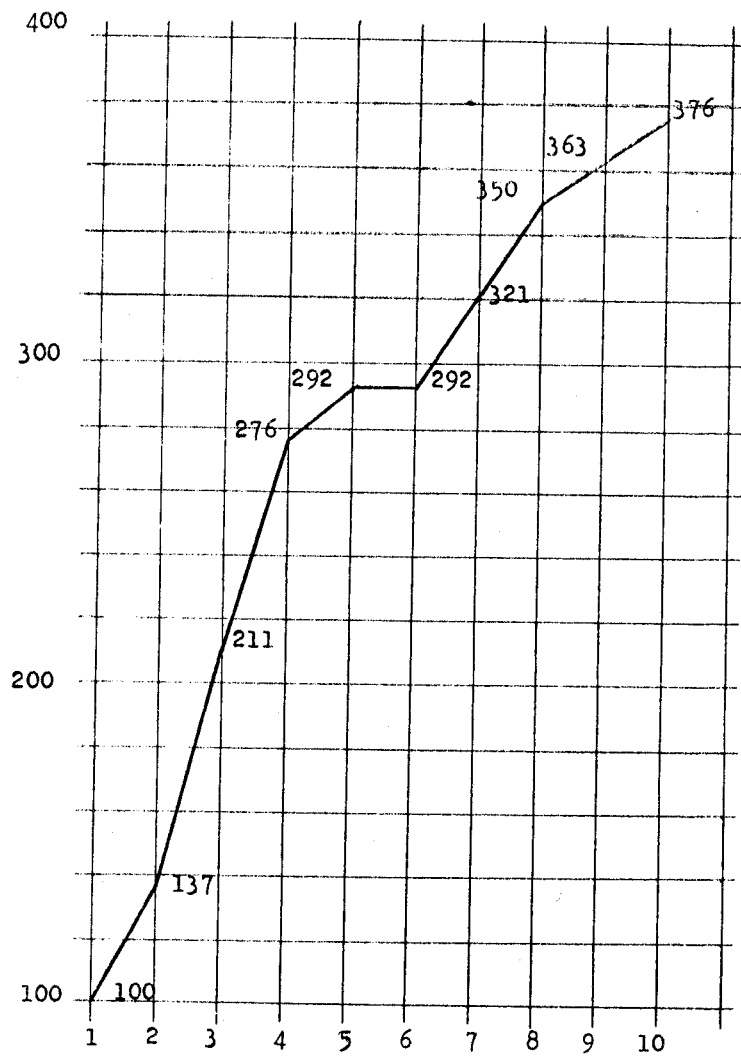


TABLEAU N° 37 - Courbe théorique de l'évolution de l'emploi suivant le nombre d'années d'activités nucléaires de l'entreprise.

Nombre d'années d'activités nucléaires de l'entreprise	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Indices d'évolution de l'emploi lère année = 100	100	137	211	276	292	292	321,0	350	363	376
% d'augmentation de l'indice par rapport à l'année précédente		37	54	31	6	-	10	9	4	4

Le point 100 représente l'indice de l'emploi de la première année d'activités nucléaires : comme il s'agit d'effectifs faibles, les augmentations sont relativement fortes pour les quatre premières années présentées par les indices repris dans le tableau n° 37. Selon leur ancienneté dans le secteur, les entreprises ayant répondu à l'enquête ont été intégrées, avec leurs effectifs, au point de la courbe théorique correspondant au départ de leurs activités nucléaires et l'emploi futur a été projeté selon les taux mesurés antérieurement.

Le rythme d'évolution du personnel ainsi obtenu se présente comme suit :

TABLEAU N° 36 - Evaluation des besoins en personnel de formation universitaire, technique supérieure et technique secondaire du niveau supérieur, estimés par le secteur privé, pour la période 1964-1968.

Niveaux de formation	Effectifs		Recrutements	
	en 1963	prévus en 1968	totaux à faire d'ici 1968	moyens annuels théoriques
<u>Personnel de formation universitaire :</u>				
- chiffres absolus	159	232	73	15
- indices (1963 = 100)	100	146		
<u>Ingénieurs techniciens :</u>				
- chiffres absolus	58	112	54	11
- indices	100	193		
<u>Techniciens A.2 :</u>				
- chiffres absolus	70	188	118	23
- indices	100	268		
<u>TOTAL :</u>				
- chiffres absolus	287	532	245	49
- indices	100	185		

2.1.2. - Estimation de la demande 1963-1968 en personnel spécialisé par projection de l'évolution passée de l'emploi.

Des enquêtes antérieures ayant prouvé que les évaluations prévisionnelles, en matière de personnel de qualification supérieure, avaient souvent tendance à être exagérées légèrement, une autre voie d'approche a été suivie pour estimer la demande.

Ayant pu suivre, dans quelques entreprises, l'évolution de l'emploi dans le temps, durant plusieurs années, ainsi que celle des dépenses (investissements et fonctionnement) l'on a tracé une courbe d'évolution de l'emploi.

Le phénomène de la rotation du personnel spécialisé, en Belgique, ne se présente pas d'une manière constante. Dans les entreprises privées et dans les bureaux d'études, où les activités nucléaires ne constituent souvent (sauf quelques exceptions remarquables) qu'une fraction des activités d'ensemble, il est généralement peu important, la "récupération" des éléments spécialisés étant toujours assurée en cas de diminution des activités nucléaires. Le "potentiel nucléaire" tend à y être maintenu.

Deux méthodes d'estimation ont été suivies. La première, que l'on pourrait appeler "subjective" consiste à calculer, pour l'ensemble du secteur, les prévisions de demande, sur base des déclarations de besoins futurs en personnel émanant des entreprises elles-mêmes.

La seconde méthode d'estimation, qui sera exposée plus loin en détail, repose sur la projection dans le futur, de l'évolution passée de l'emploi spécialisé dans les entreprises nucléaires.

2.1.1. Estimation de la demande 1963-1968 en personnel spécialisé suivant la méthode "subjective".

Les entreprises avaient été priées de donner les recrutements prévus en personnel universitaire (ingénieurs civils et docteurs et licenciés en sciences), technique supérieur (A.1) et technicien (A.2), pour la période s'étendant du 1er janvier 1963 au 1er janvier 1964, et pour la période quinquennale 1963-1968. En fait, les entreprises qui ont répondu à ces questions n'ont généralement donné que leurs prévisions de recrutement quinquennal, de sorte que l'on n'a pas tenu compte des prévisions à court terme, sauf à titre de vérification.

Il faut signaler aussi que la moitié seulement des entreprises ont fourni des prévisions de recrutement, les autres ne précisant pas si elles envisageaient le statu quo au point de vue emploi ou si elles étaient dans l'impossibilité de donner des chiffres raisonnés.

Une extrapolation à l'ensemble a été faite, en tenant compte des dimensions des entreprises et de leurs champs d'activités (Tableau n°.36).

Les chiffres de recrutements totaux prévus par extrapolation représentent une limite supérieure, les besoins réels se situant vraisemblablement entre 50% et 100% de ceux-ci.

hui, les crédits consacrés à la recherche nucléaire en Belgique, ne seront vraisemblablement pas largement relevés. Par voie de conséquence, les effectifs employés actuellement ne devraient guère croître numériquement. Ceci vaut surtout pour le C.E.N. et l'I.S.S.N.

En d'autres termes, d'ici 1968, les éléments susceptibles d'influencer la demande en personnel nucléaire spécialisé sont :

- 1) le remplacement pour changement d'activité, par exemple par passage d'une activité nucléaire à une activité non nucléaire;
- 2) le remplacement, pour cessation de carrière (limite d'âge ou fin accidentelle);
- 3) le remplacement de personnel "émigré";
- 4) l'engagement de personnel suite à des extensions de cadres.

2. Estimation de la demande future en personnel spécialisé.

Les hypothèses de travail suivantes ont été retenues pour l'estimation de la demande en personnel spécialisé pour la période 1963-1968 :

- les prévisions de demandes des employeurs interrogés tiendraient compte des chances d'aboutissement de leurs recherches et de l'achèvement des projets en chantier;
- les crédits à la recherche et au développement nucléaire, en valeur constante, seront maintenus à leurs niveaux actuels;
- il y aura un temps d'arrêt dans la mise en chantier de nouvelles centrales de grande puissance d'ici 1968,
- la mobilité professionnelle sera égale à celle des années récentes,
- les piles atomiques déjà construites ou en construction seront maintenues ou mises en exploitation.

Les données démographiques recueillies dans le présent inventaire ont également été prises en considération.

2.1. Estimation de la demande 1963-1968 du personnel spécialisé dans le secteur privé

Parmi les entreprises privées affiliées au Groupement Professionnel des Industries Nucléaires, on peut distinguer deux catégories : les entreprises qui ont déjà réellement des activités nucléaires et celles qui les envisagent au moment du démarrage industriel du secteur. Dans la première catégorie, on trouve un staff spécialisé plus ou moins nombreux : la prévision des besoins ne doit tenir compte actuellement que du mouvement naturel des effectifs et de la demande pour des projets dont la réalisation est décidée (le cas échéant).

Dans la seconde catégorie, il ne faut guère s'attendre à une évolution marquée de la situation de l'emploi : ces entreprises s'efforcent de conserver les spécialistes qu'elles ont formés.

B.- En ce qui concerne les grandes centrales de puissance, seul le projet SENA à Givet est en cours de réalisation. Il n'est plus susceptible d'influer, dans une mesure notoire, sur la demande en personnel spécialisé. Faut-il s'attendre à de nouvelles réalisations belges sur le sol national dans un proche avenir? C'est peu probable.

Si les spécialistes estiment aujourd'hui que des centrales de 500 MW, construites en plusieurs exemplaires pour amortir les frais d'études, seraient en mesure de produire le kW à 0,25/0,30 Fr.B. contre un prix de revient de 0,38/0,40 Fr.B. pour les centrales thermiques les plus modernes, pareille puissance unitaire est trop forte dans le contexte belge. De plus, les avis restent encore partagés sur le type de réacteur qui serait le plus économique et le plus sûr. Enfin, les récentes découvertes de réserves de gaz naturel, considérables et proches de la Belgique, sont susceptibles de modifier les plans de la politique énergétique du pays.

La mise à l'étude d'un nouveau projet de centrale de puissance n'entraînerait pas une demande importante de personnel supplémentaire.

C. - Les besoins qui pourraient résulter d'une demande extérieure ne peuvent guère être évalués. Il ne semble toutefois pas qu'il soit nécessaire d'en tenir compte dans les prévisions actuelles : le personnel spécialisé des entreprises du secteur privé, ayant des activités nucléaires, est assez stable. Celui des entreprises qui ont formé un personnel en vue d'activités nucléaires futures également: on ne souhaite pas perdre le bénéfice des sacrifices consentis pour la formation. Il reste alors le personnel des institutions scientifiques et de l'enseignement : c'est celui qui est le plus susceptible de se laisser tenter par des offres extérieures, pour des raisons à la fois matérielles et psychologiques. Les emplois étrangers peuvent être mieux payés que ceux de l'enseignement ou de la recherche belge, mais surtout pour les chercheurs, certaines institutions étrangères leur offriront des facilités de recherche qu'ils ne trouveront que très rarement chez eux. La présence sur le sol belge d'une institution comme l'Euratom peut également avoir une influence, mais elle joue dans les deux sens: si elle draine quelques éléments à elle, elle contribue, d'autre part, à susciter de nouveaux ^{emplois} spécialisés. Le fait qu'il s'agisse d'une demande plus qualitative que quantitative complique encore son estimation. On négligera donc ici l'incidence réelle, mais aléatoire, de cette demande étrangère : la seule parade serait de maintenir, dans nos établissements de recherche, un staff légèrement en surnombre, de manière à ce que le départ d'un ou de quelques éléments n'entrave, ou ne stoppe, pas complètement les activités en cours.

D. - Enfin, en ce qui concerne le dernier point, il est presque certain que, dans les quatre prochaines années, à moins d'un développement imprévisible aujourd'

CHAPITRE III - PREVISION DE LA DEMANDE EN PERSONNEL SPECIALISE POUR LA PERIODE
QUINQUENNALE 1963 - 1968 (31.12.1963 - 31.12.1968)

1. Considérations sur les facteurs pouvant conditionner l'évolution de l'emploi :

Parmi les facteurs susceptibles de provoquer, à court ou moyen terme, des demandes accrues en personnel spécialisé en matière nucléaire, on peut retenir :

- a) l'heureux aboutissement de certaines recherches de développement en cours, qui permettraient d'entrevoir une production élargie de centrales nucléaires de petite ou moyenne puissance;
- b) la décision de construire une ou plusieurs centrales de grande puissance, de types industriellement éprouvés;
- c) des demandes d'études et de recherches provenant de l'étranger ou des missions d'assistance technique, dans le domaine de l'enseignement, de la recherche ou de l'exploitation nucléaires;
- d) une augmentation des crédits d'investissement ou de fonctionnement (que nous appellerons, faute de rentabilité immédiate, "à fonds perdus") dans les institutions ou entreprises.

La demande extraordinaire qui résulterait de la réalisation de chacune de ces hypothèses est très variable: pour le premier point, il faudrait entrevoir une légère extension des cadres dans l'industrie, la constitution d'équipes de montage et, ultérieurement, d'entretien et, pour autant que de nouvelles centrales soient implantées en Belgique, des équipes d'exploitation. Pour le second point, il s'agirait surtout d'équipes de montage et d'exploitation.

Pour les deux derniers points, il est impossible de procéder à la moindre évaluation, la demande étant trop aléatoire.

Quelles seraient les perspectives actuelles, selon les personnes interrogées?

A.- Tous les espoirs sont permis de voir aboutir le projet "Vulcain". Réacteur de petite ou moyenne puissance, sa mise au point serait certainement le départ d'une production semi-industrielle. Les caractéristiques mêmes de ce type de réacteur et ses utilisations possibles laissent entrevoir un vaste marché (propulsion navale, centrales dans des régions arides, sans ressources énergétiques naturelles, etc...). Malgré la note optimiste qui prévaut dans les bureaux d'études, l'achèvement des études préliminaires ne doit pas être attendu avant la fin de 1965; la construction et les essais du prototype mèneront vraisemblablement aux années 1968-1970, de sorte que ce projet n'influencera pas la demande en personnel spécialisé d'ici 1968. Ce n'est qu'à la conclusion réussie des essais que le marché de l'emploi commencerait à s'ouvrir.

4.4.8.- Temps consacré aux activités nucléaires par le personnel de l'I.I.S.N.

111 d'entre eux se consacrent exclusivement à des activités nucléaires; 13 y consacrent 75 à 100 % de leur temps; 1 de 50 à 75 % et 6, moins de 25 % .

4.4.9.- La formation complémentaire du personnel de l'I.I.S.N.

Il y a 27 universitaires qui ont suivi un, ou plusieurs, cours de formation post-graduate.

Parmi les universitaires n'ayant pas suivi des cours post-graduate :

- 9 ont suivi un stage,
- 7 ont suivi deux stages.

Les cours ont été suivis principalement en Belgique (17), puis aux Etats-Unis (5), en France (4) et en Angleterre (4).

La situation est comparable à celle du personnel occupé dans les Universités.

Tableau n° 34 - Répartition du personnel de l'I.I.S.N., selon la fonction exercée dans le domaine nucléaire et l'établissement au sein duquel ce personnel travaille.

Fonction Universités et Instituts de re- cherches	Chef de travaux	Cher- cheur	Profes. Directeur de re- cherche	Profes- seur	Assis- tant	Chefs de labora- toire	Techni- cien	Fonction non spé- cifiée	Effectifs totaux	
									chiffres absolus	%
Université Libre de Bruxelles	-	11	7	-	1	-	4	6	29	20,86
Ecole Royale Militaire	1	1	-	-	-	-	-	7	9	6,47
Université de l'Etat à Gand	2	13	3	-	1	-	2	1	22	15,83
Université de l'Etat à Liège	2	9	12	-	-	1	-	2	26	18,70
Université Catholique de Louvain	2	13	3	2	-	1	3	3	27	19,42
Laboratoire des Hau- tes Energies	-	5	4	-	-	1	2	6	18	12,95
Faculté Polytechnique de Mons	-	2	5	1	-	-	-	-	8	5,76
TOTAL GENERAL:										
-chiffres absolus	7	54	34	3	2	3	11	25	139	
- %	5,03	38,85	24,46	2,16	1,44	2,16	7,91	17,98	100	100

4.4.7.

Tableau n° 35 - Répartition du personnel de l'I.I.S.N., selon la fonction exercée dans le domaine nucléaire et l'année d'obtention du diplôme de base.

Fonctions Année d'obtention	Chef de tra- vaux	Cher- cheur	Chercheur agrégé	Profes- seur	Assistant	Chef de labora- toire	Techni- cien	Fonction non spéci- fiée	T o t a l	
									n	%
1930	-	1	-	-	-	-	-	-	1	0,72
1945	-	-	-	-	-	-	-	1	1	0,72
1950	-	2	-	-	-	-	-	-	2	1,44
1951	-	1	-	-	-	-	-	1	2	1,44
1952	1	-	2	-	-	-	-	-	3	2,16
1953	-	2	1	-	-	-	1	-	4	2,88
1954	2	3	2	-	-	-	1	-	8	5,76
1955	-	1	4	-	-	-	1	-	6	4,31
1956	-	4	-	-	-	-	-	2	6	4,31
1957	-	3	2	-	-	1	-	2	8	5,76
1958	1	6	5	-	-	-	1	2	15	10,79
1959	3	10	2	-	-	1	2	1	19	13,67
1960	-	5	3	1	-	-	3	3	15	10,79
1961	-	4	3	1	-	-	-	-	8	5,76
1962	-	4	7	1	-	-	-	4	16	11,51
1963	-	5	1	-	2	-	-	3	11	7,91
Non spécifiée	-	3	2	-	-	1	2	6	14	10,07
TOTAL GENERAL :										
-chiffres absol.	7	54	34	3	2	3	11	25	139	
- %	5,03	38,85	24,46	2,16	1,44	2,16	7,91	17,98	100	100

Tableau n° 33 - Répartition du personnel de l'I.I.S.N., selon le niveau de formation, la spécialité et l'établissement au sein duquel ce personnel travaille.

Universités ou institutions de recherche	U.L.B.	E.R.M.	U.Gand	U.Liège	U.C.L.	Laboratoire des Hautes Energies	Faculté Polytechnique de Mons	Total général	
								chiffres absolus	%
Universitaires :									
Ingénieur des mines	-	-	-	-	1	-	-	1	0,72
Ingénieur en électricité	1	-	-	1	1	1	1	5	3,60
Ingénieur en électromécanique	3	-	-	1	-	-	3	7	5,03
Ingénieur en électronique	-	-	-	-	-	-	-	1	0,72
Ingénieur civil physic.	1	-	-	-	-	1	-	2	1,44
Total ingénieurs civils	5	-	-	2	2	2	5	16	11,51
Licenciés en sciences mathématiques	1	1	-	-	-	-	-	2	1,44
Licenciés en sc.physiques	6	1	9	8	5	10	1	40	28,78
Licenciés en sc.chimiques	4	-	4	4	2	1	1	16	11,51
Total Licenciés en sciences	11	2	13	12	7	11	2	58	41,73
Doct.en sc.physiques	1	-	4	2	7	2	-	16	11,51
Doct.en sc.chimiques	1	4	3	4	-	1	1	14	10,07
Total Doct.en sciences	2	4	7	6	7	3	1	30	21,58
Total Doct.et Lic.sciences	13	6	20	18	14	14	3	88	63,31
Lic.en sciences biologiques	7	-	-	1	1	-	-	9	6,47
Doct.en sc.géologiques	-	-	-	-	1	-	-	1	0,72
Doct.en sc.botaniques	-	-	-	1	-	-	-	1	0,72
Docteurs en médecine	-	-	-	3	-	-	-	3	2,16
Pharmaciens	-	-	-	1	-	-	-	1	0,72
Ingénieurs agronomes	-	-	-	-	2	-	-	2	1,44
Total UNIVERSITAIRES	25	6	20	26	20	16	8	121	87,05
Ingénieurs-techniciens:									
Ing.technic.des mines	-	-	-	-	1	-	-	1	0,72
Ing.technic.électric.	-	-	-	-	1	-	-	1	0,72
Ing.technic.électron.	2	-	2	-	3	1	-	8	5,75
Ing.technic.ind.nucléa.	-	1	-	-	1	1	-	3	2,16
Ing.technic.chimiste	1	2	-	-	1	-	-	4	2,88
Total Ingénieurs techn.	3	3	2	-	7	2	-	17	12,23
Techniciens A.2 des industries nucléaires	1	-	-	-	-	-	-	1	0,72
TOTAL GENERAL :									
-chiffres absolus	29	9	22	26	27	18	8	139	
- %	20,86	6,47	15,83	18,70	19,42	12,95	5,76	100	100

Un certain nombre de membres du personnel de l'I.I.S.N., a également des charges professorales, ainsi qu'il apparaît au tableau n° 34.

4.4.4.

TABLEAU N° 32 - Répartition du personnel de l'I.I.S.N. selon le niveau de formation et l'ancienneté des activités en matière nucléaire.

Ancienneté professionnelle dans les activités nucléaires	Niveaux de formation						Total général	
	Universitaires		Ingénieurs techniciens		Techniciens A.2 et assimilés		Chiffres absolus	%
	n	%	n	%	n	%		
- 1 an	5	4,13	-	-	-	-	5	3,60
1 an	7	5,78	1	5,88	-	-	8	5,76
2 ans	9	7,44	4	23,54	-	-	13	9,35
3 ans	9	7,44	5	29,41	-	-	14	10,07
4 ans	15	12,40	3	17,64	-	-	18	12,95
- de 5 ans	45	37,19	13	76,47	-	-	58	41,73
5 ans	10	8,26	2	11,76	-	-	12	8,63
6 ans	10	8,26	-	-	-	-	10	7,19
7 ans	8	6,62	1	5,88	1	100	10	7,19
8 ans	5	4,13	-	-	-	-	5	3,60
9 ans	4	3,31	-	-	-	-	4	2,88
de 5 à 9 ans	37	30,58	3	17,64	1	100	41	29,49
10 ans	9	7,44	-	-	-	-	9	6,47
11 ans	1	0,83	-	-	-	-	1	0,72
12 ans	4	3,31	-	-	-	-	4	2,88
13 ans	1	0,82	-	-	-	-	1	0,72
14 ans	1	0,82	-	-	-	-	1	0,72
de 10 à 14 ans	13	13,22	-	-	-	-	16	11,51
15 ans	2	1,65	-	-	-	-	2	1,44
16 ans	-	-	-	-	-	-	-	-
17 ans	1	0,83	-	-	-	-	1	0,72
18 ans	-	-	-	-	-	-	-	-
19 ans	-	-	-	-	-	-	-	-
de 15 à 19 ans	3	2,48	-	-	-	-	3	2,16
Sans réponse	20	16,53	1	5,88	-	-	21	15,11
TOTAL GENERAL	121	100	17	100	1	100	139	100

Un nombre élevé de chercheurs n'ont pas donné leur ancienneté dans les activités des sciences nucléaires. On note toutefois une certaine concentration aux environs de 4 à 5 années d'ancienneté, et à nouveau aux alentours de 10 ans.

Le personnel de l'I.I.S.N. est réparti dans les quatre Universités, à la Faculté Polytechnique de Mons et à l'Ecole Royale Militaire, ainsi qu'au laboratoire des Hautes énergies dépendant directement de l'I.I.S.N.

On trouvera leur répartition au Tableau n° 33.

TABLEAU n° 31 - Répartition du personnel de l'I.I.S.N. selon le niveau de formation et l'âge.

Classes d'âge	Niveaux de formation						Total général	
	Universitaires		Ingénieurs techniciens		Techniciens A.2 et assimilés		par classes d'âge	%
	n	%	n	%	n	%		
21 ans	1	0,83	-	-	-	-	1	0,72
22 ans	5	4,13	-	-	-	-	5	3,60
23 ans	4	3,31	1	5,88	-	-	5	3,60
24 ans	7	5,78	2	11,76	-	-	9	6,47
de 20 à 24 ans	17	14,05	3	17,64	-	-	20	14,39
25 ans	12	9,92	-	-	-	-	12	8,63
26 ans	10	8,26	2	11,76	-	-	12	8,63
27 ans	12	9,92	3	17,65	-	-	15	10,79
28 ans	11	9,09	1	5,88	1	100	13	9,35
29 ans	2	1,65	4	25,53	-	-	6	4,32
de 25 à 29 ans	47	38,84	10	58,82	1	100	58	41,72
30 ans	7	5,78	-	-	-	-	7	5,03
31 ans	5	4,14	2	11,77	-	-	7	5,03
32 ans	6	4,96	1	5,88	-	-	7	5,03
33 ans	6	4,96	1	5,88	-	-	7	5,03
34 ans	7	5,78	-	-	-	-	7	5,03
de 30 à 34 ans	31	25,62	4	23,53	-	-	35	25,17
35 ans	8	6,61	-	-	-	-	8	5,76
36 ans	3	2,48	-	-	-	-	3	2,16
37 ans	3	2,48	-	-	-	-	3	2,16
38 ans	3	2,48	-	-	-	-	3	2,16
39 ans	3	2,48	-	-	-	-	3	2,16
de 35 à 39 ans	20	16,53	-	-	-	-	20	14,39
40 ans	1	0,83	-	-	-	-	1	0,72
41 ans	3	2,48	-	-	-	-	3	2,16
42 ans	1	0,83	-	-	-	-	1	0,72
43 ans	-	-	-	-	-	-	-	-
44 ans	-	-	-	-	-	-	-	-
de 40 à 44 ans	5	4,13	-	-	-	-	5	3,60
58 ans	1	0,83	-	-	-	-	1	0,72
TOTAL GENERAL	121	100	17	100	1	100	139	100

Dans une institution assez jeune il était normal que le personnel le soit également.

55 % des effectifs qui font de la recherche scientifique sous les auspices de l'I.I.S.N. ont moins de 30 ans.

4.4.2.

TABLEAU N° 30 - Répartition du personnel I.I.S.N. selon le niveau de formation et la nationalité.

Nationalité	Niveaux de formation						Total	
	Universi- taires		Ingénieurs- techniciens		Techniciens A.2.		n	%
	n	%	n	%	n	%		
- belge	111	91,7	16	94,1	1	100	128	92,1
- italienne	1	0,7	1	5,9	-	-	2	1,4
Total Communauté	112	92,4	17	100,0	1	100	130	93,5
- suisse	1	0,8	-	-	-	-	1	0,7
- réfugiés hongrois	7	5,0	-	-	-	-	7	5,1
- autre	1	0,8	-	-	-	-	1	0,7
TOTAL GENERAL	121	100,0	17	100,0	1	100	139	100,0

Parmi les membres du personnel de l'I.I.S.N., on compte 10 étrangers.

" L'Institut ne poursuit donc pas de travaux de recherche en propre, mais
 " subsidie et harmonise les activités de recherche d'un certain nombre de centres
 " spécialisés, répartis dans les établissements de haut enseignement. " (1)

4.4.1.

TABLEAU n° 29 - Répartition du personnel I.I.S.N. selon le niveau de formation et le sexe.

Niveaux de formation	s e x e		t o t a l	
	masculin	féminin	n	%
Universitaires	95	26	121	87,1
Ingénieurs techniciens	16	1	17	12,2
Techniciens A.2 et assimilés	1	--	1	0,7
TOTAL : - chiffres absolus	112	27	139	
- %	80,6	19,4	100	100

87% des membres du personnel de l'I.I.S.N. sont des universitaires. On ne compte que 18 ingénieurs techniciens et techniciens sur les 139 personnes recensées. Cette structure trouve son explication dans le fait que les chercheurs de l'I.I.S.N. travaillent dans des laboratoires disposant de leur propre personnel technique. Mais étant donné la pénurie de personnel auxiliaire dans les laboratoires universitaires, la présence des chercheurs de l'I.I.S.N. rend la situation encore plus insatisfaisante.

(1) Rapport du Commissariat à l'Energie Atomique sur le bilan des activités au cours de la période 1960-1962 : "L'Energie Nucléaire en Belgique ", Ministère des Affaires Economiques et de l'Energie, 139 pages, p. 14

4.3.5.

TABLEAU n° 28 - Répartition du personnel des Instituts Agronomiques, selon la fonction exercée dans le domaine nucléaire et le temps, consacré aux activités nucléaires.

Fonctions exercées dans le domaine nucléaire	Fraction du temps consacrée aux activités nucléaires.				
	Full-time	de 75 à 100 %	de 50 à 75 %	de 25 à 50 %	- de 25%
Directeur	-	2	-	-	-
Chef de travaux	2	-	1	-	-
Chercheur	4	-	1	2	3
Assistant	4	-	-	-	-
Technicien	5	2	4	2	6
TOTAL :					
chiffres absolus	15	2	4	2	6
%	51,7	6,90	13,8	6,90	20,7
(100% = 29)					

Plus de la moitié des personnes recensées s'adonnent exclusivement à des activités dans le domaine des sciences nucléaires.

La formation complémentaire nucléaire du personnel des Instituts Agronomiques.

Parmi le personnel de formation universitaire des Instituts Agronomiques :

- 9 n'ont pas suivi de formation complémentaire nucléaire,
- 3 ont suivi un cours,
- 5 ont suivi deux cours.

4.4. Analyse détaillée du personnel de l'Institut Interuniversitaire des Sciences Nucléaires.

" Créé en 1947 par le Fonds National de la Recherche Scientifique, sous l'appellation de " Institut Interuniversitaire de Physique Nucléaire " et devenu en 1951 " Institut Interuniversitaire des Sciences Nucléaires ", cet organisme est chargé de susciter, de promouvoir et de coordonner en Belgique au sein des établissements de haut enseignement et de recherche, les études et recherches scientifiques relevant des sciences nucléaires, à l'exclusion des applications.

4-3.4.-

Tableau n° 26 - Répartition du personnel enseignant, scientifique et technique des Instituts Agronomiques selon la fonction exercée dans le domaine nucléaire et l'institution.

Fonctions Instituts Agronomiques	Professeur- Directeur de Labora- toire	Chef de travaux	Cher- cheur	Assis- tant	Techni- cien	Effectifs totaux	
						chiffres absolus	%
Gand	1	1	10	3	6	21	72,4
Gembloux	1	2	-	1	4	8	27,6
TOTAL	2	3	10	4	10	29	100

Tableau n° 27 - Répartition du personnel enseignant, scientifique et technique des Instituts Agronomiques selon la fonction exercée dans le domaine nucléaire et l'année d'obtention du diplôme de base.

Fonctions Année d'obten- tion du diplôme de base	Professeur- Directeur de Labora- toire	Chef de travaux	Cher- cheur	Assis- tant	Techni- cien	Total
1943	1	-	-	-	-	1
1945	-	-	-	-	1	1
1950	-	-	2	-	-	2
1951	-	1	1	-	-	2
1953	-	-	-	-	1	1
1954	-	-	1	-	-	1
1956	-	1	-	-	-	1
1958	-	-	-	1	-	1
1959	-	-	-	1	-	1
1960	-	-	3	1	1	5
1961	-	-	1	1	-	2
1963	-	-	1	-	1	2
Année non spécifiée	-	1	1	-	6	8
TOTAL GENERAL	2	3	10	4	10	29

A la lecture du tableau n° 27, on constatera que la plupart des professeurs et chercheurs des Instituts Agronomiques, s'occupant de recherche nucléaire pure ou appliquée, ont terminé leurs études dans le courant des quinze dernières années.

Tableau n° 25 - Répartition du personnel enseignant, scientifique et technique
des Instituts Agronomiques, selon le niveau de formation, la
spécialité et l'institution.

Formation	Instituts Agronomiques		Total général
	Gand	Gembloux	
<u>Universitaires :</u>			
Docteurs en sciences chimiques	1	-	1
Licenciés en sciences chimiques	1	-	1
Docteurs en sciences physiques	-	1	1
Ingénieurs agronomes	5	1	6
Ingénieurs agronomes chimistes	2	-	2
Ingénieurs agronomes régions tropicales	1	1	2
Docteurs en physique du sol	1	-	1
Ingénieurs agronomes en physique du sol	1	1	2
Ingénieurs agronomes eaux et forêts	1	-	1
Total Universitaires	13	4	17
<u>Ingénieurs-techniciens :</u>			
Ingénieurs-techniciens chimistes	3	-	3
Ingénieurs-techniciens agricoles	1	-	1
Total Ingénieurs-techniciens	4	-	4
<u>Techniciens A.2 et assimilés :</u>			
Techniciens A.2 en électricité	4	3	7
Techniciens A.2 non spécifiés	-	1	1
Total Techniciens A.2 et assimilés	4	4	8
TOTAL GENERAL :			
- chiffres absolus	21	8	29
- %	72,4	27,6	100

On trouve 14 universitaires titulaires d'un diplôme d'ingénieur agronome,
contre 3 docteurs ou licenciés en sciences.

4.3.3.-

Tableau n° 24 - Répartition du personnel enseignant, scientifique et technique des Instituts Agronomiques, selon le niveau de formation et l'ancienneté des activités en matière nucléaire.

Ancienneté dans les activités nucléaires	Niveaux de formation			Total général
	Universitaires	Ingénieurs-techniciens	Techniciens A.2 et assimilés	
- 1 an	1	1	-	2
1 an	1	-	-	1
2 ans	2	-	-	2
3 ans	1	-	2	3
4 ans	1	-	2	3
- de 5 ans	6	1	4	11
- 5 ans	1	1	2	4
6 ans	3	-	-	3
7 ans	1	-	2	3
8 ans	-	-	-	-
9 ans	-	-	-	-
de 5 à 9 ans	5	1	4	10
10 ans	1	-	-	1
11 ans	3	-	-	3
10 ans et plus	4	-	-	4
Sans réponse	2	2	-	4
TOTAL GENERAL	17	4	8	29

Par contre, si l'on considère l'ancienneté dans les activités nucléaires, on s'aperçoit que, dans l'ensemble, le personnel qui s'y consacre semble y être venu plus tardivement que dans les Universités.

4.3.2.-

Tableau n° 23 - Répartition du personnel enseignant, scientifique et technique des Instituts Agronomiques selon le niveau de formation et l'âge.

Classes d'âge	Niveaux de formation			Total général
	Universitaires	Ingénieurs-techniciens	Techniciens A.2 et assimilés	
21 ans	-	1	-	1
22 ans	-	-	1	1
23 ans	-	-	-	-
24 ans	1	-	-	1
de 20 à 24 ans	1	1	1	3
25 ans	3	-	-	3
26 ans	1	-	-	1
27 ans	2	1	-	3
28 ans	-	-	-	-
29 ans	-	-	-	-
de 25 à 29 ans	6	1	-	7
30 ans	1	-	-	1
31 ans	1	1	1	3
32 ans	-	-	-	-
33 ans	1	1	1	3
34 ans	-	-	-	-
de 30 à 34 ans	3	2	2	7
35 ans	2	-	-	2
36 ans	2	-	1	3
37 ans	1	-	-	1
38 ans	-	-	2	2
39 ans	-	-	1	1
de 35 à 39 ans	5	-	4	9
40 ans	-	-	1	1
49 ans	1	-	-	1
59 ans	1	-	-	1
plus de 40 ans	2	-	1	3
TOTAL GENERAL	17	4	8	29

Dans les Instituts Agronomiques, la structure d'âge du personnel scientifique, technique et enseignant, est légèrement plus élevée que dans les Universités ou à l'Institut Interuniversitaire des Sciences Nucléaires. 34 % des effectifs ont moins de 30 ans, contre 50 % dans les Universités et 55 % pour l'Institut Interuniversitaire des Sciences Nucléaires.

Sur 25 cours cités, la majorité a été suivie en Belgique (13), puis aux Etats-Unis (5), en France (4), en Angleterre (2) et au C.E.R.N. (Suisse) (1).

La plus grande partie des cours était théorique et pratique (19).

Parmi les trois personnes ayant une formation d'ingénieur-technicien :

- 2 n'ont pas reçu de formation complémentaire nucléaire,
- 1 seule a suivi des cours et participé à un stage, en Belgique.

4.3.- Analyse détaillée du personnel des Instituts Agronomiques.

Les Instituts Agronomiques ont été isolés des Universités, étant donné le caractère nettement plus appliqué de la recherche nucléaire qui s'y fait.

4.3.1.-

Tableau n° 22 - Répartition du personnel enseignant, scientifique et technique des Instituts Agronomiques, selon le niveau de formation et le sexe.

Niveaux de formation	S e x e		T o t a l	
	Masculin	Féminin	Chiffres absolus	%
Universitaires	16	1	17	58,6
Ingénieurs-techniciens	1	3	4	13,8
Techniciens A.2 et assimilés	3	5	8	27,6

TOTAL :				
-chiffres absolus	20	9	29	
- %	69,0	31,0	100	100

Dans les Instituts Agronomiques, le ratio entre le personnel de formation universitaire et les techniciens est plus favorable que dans les Universités.

On note aussi une plus forte proportion d'ingénieurs-techniciens agricoles.

Les deux-tiers du personnel auxiliaire de la recherche sont de sexe féminin.

Tout le personnel est de nationalité belge.

Tableau n° 21 - Répartition du personnel enseignant, scientifique et technique des Universités, appartenant au cadre, selon la fonction exercée dans le domaine nucléaire et le temps consacré aux activités nucléaires.

Fonctions exercées	Full-time	de 75 à 100 %	de 50 à 75 %	de 25 à 50 %	- de 25 %	Temps non spécifié	Total
Directeur	1	-	1	1	2	-	5
Professeur	2	1	2	1	3	-	9
Professeur associé	3	-	-	-	1	-	4
Chef de travaux	-	-	-	-	1	-	1
Chercheur	14	5	7	1	-	-	27
Chercheur agréé	3	-	-	-	-	-	3
Assistant	10	-	3	-	-	-	13
Technicien	34	1	-	1	1	1	38
Non spécifiée	1	-	-	-	2	2	5
<hr/>							
TOTAL :							
- chiffres absolus	68	7	13	4	10	3	105
- %	64,8	6,7	12,4	3,8	9,5	2,8	100

Parmi le personnel enseignant et de recherche des Universités, 65 % des unités recensées s'occupent de sciences nucléaires à plein temps et 35 % y consacrent moins de 25 % du temps de leurs activités.

4.2.6.- La formation complémentaire nucléaire suivie par le personnel des Universités.

Parmi les 63 universitaires occupés à la recherche nucléaire, dans les Universités, on en dénombre 39 qui n'ont pas suivi de formation post-universitaire nucléaire.

Sur les 24 qui ont suivi des cours, on en trouve :

- a) 12 qui ont suivi un cours,
 - 4 qui ont suivi deux cours,
 - 2 qui ont suivi trois cours,
 - 6 qui ont suivi des cours à plusieurs reprises ;
- b) Des stages ont aussi été suivis, parmi les 24 participants aux cours;
 - 13 personnes ont participé aux stages.

TABLEAU N°20 - Répartition du personnel enseignant, scientifique et technique des Universités appartenant au cadre, selon la fonction exercée dans le domaine nucléaire, et l'année d'obtention du diplôme de base.

Fonctions exercées	Epoque de l'obtention du diplôme de base										Total général	
	1921 à 1925	1926 à 1930	1931 à 1935	1936 à 1940	1941 à 1945	1946 à 1950	1951 à 1955	1956 à 1960	1961 à 1963	Non spécifiée	chiffres absolus	%
Directeur	-	-	1	1	1	-	-	-	-	1	4	3,8
Professeur	2	-	1	1	2	-	2	-	-	2	10	9,5
Professeur associé	-	-	1	1	-	-	-	-	2	-	4	3,8
Chef de travaux	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1,0
Chercheur	-	-	-	-	-	2	2	13	11	-	28	26,8
Chercheur agréé	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	2	1,9
Assistant	-	1	1	-	-	1	-	-	9	1	13	12,4
Technicien	-	2	2	-	1	1	3	17	7	5	38	36,0
Non spécifiée	-	1	-	-	-	-	-	2	1	1	5	4,8
TOTAL :												
-chiffres absolus	2	4	6	3	4	4	7	33	31	11	105	100
- %	1,9	3,8	5,7	2,9	3,8	3,8	6,7	31,4	29,5	10,5		

La lecture du tableau n°.20 permettra de constater que la spécialisation en sciences nucléaires continue à attirer nombre de jeunes diplômés, malgré le fait que, surtout pour les scientifiques, les possibilités de carrière, ainsi qu'on l'a vu précédemment, restent relativement limitées.

Tableau n° 19 - Répartition du personnel enseignant, scientifique et technique des Universités, appartenant au cadre, selon la fonction exercée dans le domaine nucléaire et l'Université.

Universités et Laboratoires	Professeurs, di- recteurs de labo- ratoires	Chers de travaux	Chercheurs	Chercheurs agréés	Professeurs	Professeurs associés	Assistants	Techniciens	Non spécifiés	Effectifs totaux	
										chiffres absolus	%
Laboratoire Bruxelles 1	-	-	3	-	-	1	2	18	2	26	24,6
Laboratoire Bruxelles 2	-	-	-	-	2	-	-	1	-	3	2,9
Laboratoire Bruxelles 3	-	-	2	-	1	-	3	2	1	9	8,6
Laboratoire Bruxelles 4	-	-	2	-	-	-	-	1	-	3	2,9
Laboratoire Bruxelles 5	-	-	-	-	1	-	-	-	1	2	1,9
Laboratoire Bruxelles 6	1	-	1	-	-	-	-	-	1	3	2,9
Laboratoire Bruxelles 7	1	-	-	-	-	1	1	-	-	3	2,9
Total Université Libre de Bruxelles	2	-	8	-	4	2	6	22	5	49	46,7
Laboratoire Gand 1	1	1	5	-	-	-	1	1	-	9	8,5
Laboratoire Gand 2	-	-	5	-	-	-	-	-	-	5	4,8
Total Université de Gand	1	1	10	-	-	-	1	1	-	14	13,3
Laboratoire Liège 1	-	-	4	-	1	-	-	1	-	6	5,7
Laboratoire Liège 2	-	-	-	1	-	1	3	-	-	5	4,8
Laboratoire Liège 3	1	-	-	-	-	-	1	-	-	2	1,9
Total Université de Liège	1	-	4	1	1	1	4	1	-	13	12,4
Laboratoire Louvain 1	-	-	-	-	1	-	1	-	-	2	1,9
Laboratoire Louvain 2	-	-	3	-	1	1	1	-	-	6	5,7
Laboratoire Louvain 3	-	-	-	1	1	-	-	1	-	3	2,9
Total Université Catho- lique de Louvain	-	-	3	1	3	1	2	1	-	11	10,5
Laboratoire Mons 1	1	-	2	-	-	-	-	10	-	13	12,4
Laboratoire Mons 2	1	-	1	-	-	-	-	3	-	5	4,8
Total Faculté Polytechni- que de Mons	2	-	3	-	-	-	-	13	-	18	17,2
TOTAL GENERAL :											
- chiffres absolus	6	1	28	2	8	4	13	38	5	105	
- %	5,7	1,0	26,7	1,9	7,6	3,8	12,4	36,2	4,8	100	100

Le tableau n° 19 n'appelle aucun commentaire particulier. On notera toutefois que le personnel permanent, ou semi-permanent, s'occupant de sciences nucléaires, est plus nombreux à l'Université Libre de Bruxelles que dans les autres Universités ou établissements d'enseignement supérieur.

Tableau n° 18 - Répartition du personnel des Universités, appartenant au cadre, selon le niveau de formation, la spécialité et l'Université. (suite)

Formation universitaire	Universités et Laboratoires												%
	Laboratoires			Total	Laboratoires			Total	Laboratoires		Total	TOTAL	
	1	2	3	U. Liège	1	2	3	U.C.Lv.	1	2	Faculté Pol. Mons	GENERAL	
-Ingénieurs civils chimistes	1	-	-	1	-	-	-	-	-	1	1	2	1,90
-Ingénieurs civils électriciens	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	2	3	2,87
-Ingénieurs civils électromécaniciens	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	8	7,62
-Ingénieurs civils électroniciens	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1,90
-Ingénieurs civils physiciens	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1,90
-Ingénieurs civils non spécifiés	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	2	1,90
Total Ingénieurs civils	1	-	-	1	-	-	-	-	3	2	5	19	18,09
-Licenciés en sciences mathématiques	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0,95
-Licenciés en sciences physiques	-	2	-	2	-	3	2	5	-	-	-	14	13,33
-Licenciés en sciences chimiques	3	2	-	5	-	-	-	-	-	-	-	13	12,38
Total Licenciés en sciences	3	4	-	7	-	3	2	5	-	-	-	28	26,66
-Docteurs en sciences physiques	-	-	2	2	-	3	-	3	-	-	-	7	6,66
-Docteurs en sciences chimiques	1	1	-	2	2	-	-	2	-	-	-	7	6,66
-Docteurs en sciences appliquées	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1,90
Total Docteurs en sciences	1	1	2	4	2	3	-	5	-	-	-	16	15,22
Total universitaires	5	5	2	12	2	6	2	10	3	2	5	63	59,97
-Ing. techn. chimistes	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0,95
-Ing. techn. électroniciens	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0,95
-Ing. techn. mécan.	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	1	0,95
Total ingénieurs techniciens	1	-	-	1	-	-	1	1	-	-	-	3	2,85
-Techniciens A.2 industries nucléaires	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	3	6	5,71
-Techniciens A.2 électroniciens	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	4	6	5,71
-Techniciens A.2 électriciens	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	4,76
-Techniciens A.2 mécaniciens	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	2,85
-Techniciens A.2 non spécifiés	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3	6	19	18,09
Total Techniciens A.2	-	-	-	-	-	-	-	-	10	3	13	39	37,12
TOTAL GENERAL - chiffres absolus	6	5	2	13	2	6	3	11	13	5	18	105	100 %
- %	5,7	4,8	1,9	12,4	1,9	5,7	2,9	10,5	12,4	4,8	17,2	100	

4.2.5.

Tableau n° 17 - Répartition du personnel des Universités, appartenant au cadre, selon le niveau de formation, la spécialité et l'Université.

Formation universitaire	Universités et Laboratoires										
	Laboratoires							Total U.L.B.	Laboratoires		Total U. Gand
	1	2	3	4	5	6	7		1	2	
-Ingénieurs civils chimistes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-Ingénieurs civils électriciens	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-
-Ingénieurs civils électromécaniciens	2	-	2	-	-	2	1	7	-	-	-
-Ingénieurs civils électroniciens	-	-	1	-	-	-	1	2	-	-	-
-Ingénieurs civils physiciens	1	-	1	-	-	-	-	2	-	-	-
-Ingénieurs civils non spécifiés	-	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-
Total Ingénieurs civils	3	-	4	-	1	3	2	13	-	-	-
-Licenciés en sciences mathématiques	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
-Licenciés en sciences physiques	1	1	2	-	-	-	-	4	-	3	3
-Licenciés en sciences chimiques	-	-	-	1	1	-	-	2	5	1	6
Total Licenciés en sciences	2	1	2	1	1	-	-	7	5	4	9
-Docteurs en sciences physiques	1	-	-	-	-	-	-	1	-	1	1
-Docteurs en sciences chimiques	-	-	-	1	-	-	-	1	2	-	2
-Docteurs en sciences appliquées	-	1	-	-	-	-	-	2	-	-	-
Total Docteurs en sciences	1	1	-	1	-	-	-	4	2	1	3
Total universitaires	6	2	6	2	2	3	3	24	7	5	12
-Ing. techn. chimistes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-Ing. techn. électroniciens	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1
-Ing. techn. mécanic.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total Ingénieurs techniciens	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1
-Techniciens A.2 industries nucléaires	3	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-
-Techniciens A.2 électroniciens	-	-	1	-	-	-	-	1	1	-	1
-Techniciens A.2 électriciens	3	-	1	1	-	-	-	5	-	-	-
-Techniciens A.2 mécaniciens	3	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-
-Techniciens A.2 non spécifiés	11	1	1	-	-	-	-	13	-	-	-
Total Techniciens A.2	20	1	3	1	-	-	-	25	1	-	1
TOTAL GENERAL - chiffres absolus	26	3	9	3	2	3	3	49	9	5	14
- %	24,6	2,9	8,6	2,9	1,9	2,9	2,9	46,7	8,5	4,8	13,3

Si l'on considère maintenant l'ancienneté du personnel de recherche, on constate que près de 45 % des chercheurs ont moins de cinq ans d'ancienneté.

Il semble donc, compte tenu de l'existence récente de ces activités au sein de l'Université, qu'au bout de quelques années de recherches, après la prise d'un doctorat ou l'épuisement des renouvellements de mandats d'assistants, bon nombre de jeunes quittent la recherche dans les institutions académiques, voire toute activité de recherche.

Si la recherche nucléaire, au sein des Universités, bénéficie d'un élément de continuité du fait de la permanence des professeurs titulaires de chaires, par contre, elle ne se développe pas suivant un programme pré-établi. La cause en est, en partie, due à la liberté académique, mais elle traduirait bien plus encore les difficultés budgétaires des institutions d'enseignement supérieur, selon les déclarations faites aux enquêteurs.

4.2.4.-

Tableau n° 16 - Répartition du personnel enseignant, scientifique et technique des Universités, appartenant au cadre, selon le niveau de formation et l'ancienneté des activités en matière nucléaire.

Ancienneté professionnelle dans le domaine des activités nucléaires	Niveaux de formation						Total général	
	Universitaires		Ingénieurs techniciens		Techniciens A.2 et assimilés		n	%
	n	%	n	%	n	%		
- de 1 an	4	6,3	1	33,33	1	2,6	6	5,7
1 an	4	6,3	-	-	6	15,4	10	9,5
2 ans	10	15,9	1	33,33	4	10,2	15	14,3
3 ans	5	7,9	-	-	6	15,4	11	10,5
4 ans	5	7,9	-	-	1	2,6	6	5,7
- de 5 ans	28	44,4	2	66,66	18	46,1	48	45,7
5 ans	3	4,8	-	-	5	12,8	8	7,6
6 ans	2	3,2	-	-	5	12,8	7	6,6
7 ans	7	11,1	-	-	1	2,6	8	7,6
8 ans	3	4,8	-	-	-	-	3	2,9
9 ans	2	3,2	-	-	1	2,6	3	2,9
de 5 à 9 ans	27	27,1	-	-	12	30,8	29	27,6
10 ans	4	6,3	-	-	-	-	4	3,8
11 ans	1	1,6	-	-	1	2,6	2	1,9
12 ans	-	-	-	-	2	5,1	2	1,9
13 ans	-	-	1	33,33	-	-	1	1,0
de 10 à 14 ans	5	7,9	1	33,33	3	7,7	9	8,6
15 ans	1	1,6	-	-	2	5,1	3	2,8
16 ans	2	3,2	-	-	-	-	2	1,9
17 ans	1	1,6	-	-	-	-	1	1,0
de 15 à 19 ans	4	6,4	-	-	2	5,1	6	5,7
28 ans	2	3,2	-	-	-	-	2	1,8
30 ans	1	1,6	-	-	-	-	1	1,0
33 ans	-	-	-	-	2	5,1	2	1,8
37 ans	1	1,6	-	-	-	-	1	1,0
40 ans	1	1,6	-	-	-	-	1	1,0
+ de 25 ans	5	7,9	-	-	2	5,1	7	6,7
sans réponse	4	6,3	-	-	2	5,1	6	5,7
Total général	63	100	3	100	39	100	105	100

Si l'on considère la structure d'âge de l'enseignement et de la recherche nucléaire, on constate que celle-ci est très jeune. On trouve près de 50 % des personnes âgées de moins de 30 ans parmi les universitaires et près de 70 % âgées de moins de 35 ans.

Parmi les jeunes chercheurs, on trouve un certain nombre d'assistants, préparant leur doctorat.

On notera également que le personnel technicien est aussi très jeune.

4.2.3.- TABLEAU N° 15 - Répartition du personnel enseignant, scientifique et technique, des Universités, appartenant au cadre, selon le niveau de formation et l'âge.

Classes d'âge	Niveaux de formation						Total général	
	Universitaires		Ingénieurs techniciens		Techniciens A,2 et assimilés		par classes d'âge	%
	n	%	n	%	n	%	n	%
18 ans	-	-	-	-	1	2,6	1	1
19 ans	-	-	-	-	1	2,6	1	1
- 20 ans	-	-	-	-	2	5,2	2	1,9
20 ans	-	-	-	-	2	5,1	2	1,9
22 ans	4	6,3	-	-	4	10,2	8	7,6
23 ans	3	4,8	1	33,3	2	5,1	6	5,7
24 ans	7	11,1	-	-	1	2,6	8	7,6
de 20 à 24 ans	14	22,2	1	33,3	9	23,0	24	22,9
25 ans	7	11,1	-	-	2	5,1	9	8,6
26 ans	2	3,2	-	-	2	5,1	4	3,8
27 ans	4	6,3	-	-	2	5,1	6	5,7
28 ans	2	3,2	-	-	5	12,8	7	6,7
29 ans	1	1,6	-	-	1	2,6	2	1,9
de 25 à 29 ans	16	25,4	-	-	12	30,7	28	26,7
30 ans	4	6,2	-	-	2	5,1	6	5,7
31 ans	3	4,8	-	-	3	7,7	6	5,7
32 ans	1	1,6	-	-	1	2,6	2	1,9
33 ans	3	4,8	-	-	1	2,6	4	3,8
34 ans	2	3,2	-	-	1	2,6	3	2,9
de 30 à 34 ans	13	20,6	-	-	8	20,6	21	20,0
35 ans	1	1,6	-	-	-	-	1	1,0
36 ans	-	-	2	66,6	-	-	2	1,9
37 ans	-	-	-	-	1	2,6	1	1,0
38 ans	-	-	-	-	1	2,6	1	1,0
39 ans	1	1,6	-	-	1	2,6	2	1,9
de 35 à 39 ans	2	3,2	2	66,6	3	7,8	7	6,7
40 ans	-	-	-	-	-	-	-	-
41 ans	3	4,7	-	-	1	2,6	4	3,8
42 ans	1	1,6	-	-	-	-	1	1,0
43 ans	2	3,2	-	-	-	-	2	1,9
44 ans	1	1,6	-	-	1	2,6	2	1,9
de 40 à 44 ans	7	11,1	-	-	2	5,2	9	8,6
48 ans	2	3,2	-	-	-	-	2	1,9
49 ans	1	1,6	-	-	-	-	1	1,0
de 45 à 49 ans	3	4,8	-	-	-	-	3	2,9
50 ans	1	1,6	-	-	-	-	1	1,0
51 ans	1	1,6	-	-	-	-	1	1,0
52 ans	-	-	-	-	-	-	-	-
53 ans	1	1,6	-	-	1	2,6	2	1,9
54 ans	1	1,6	-	-	-	-	1	1,0
de 50 à 54 ans	4	6,4	-	-	1	5,6	5	4,8
55 ans	-	-	-	-	1	2,6	1	1,0
58 ans	1	1,6	-	-	-	-	1	1,0
de 55 à 59 ans	1	1,6	-	-	1	2,6	2	1,9
60 ans	1	1,6	-	-	-	-	1	1,0
62 ans	1	1,6	-	-	-	-	1	1,0
63 ans	1	1,6	-	-	1	2,6	2	1,9
de 60 à 65 ans	3	4,8	-	-	1	2,6	4	3,9
Total général	63	100	3	100	39	100	105	100

4.2.1.-

Tableau n° 13 - Répartition du personnel enseignant, scientifique et technique des Universités, appartenant au cadre, selon le niveau de formation et le sexe.

Niveaux de formation	S e x e		T o t a l	
	Masculin	Féminin	chiffres absolus	%
-Universitaires	58	5	63	68,4
-Ingénieurs techniciens	2	1	3	3,4
-Techniciens A.2 et assimilés	17	9	26 (1)	28,2
TOTAL : -chiffres absolus	77	15	92	
- %	83,6	16,4	100	100

Il apparaît que le ratio entre chercheurs et personnel auxiliaire est assez défavorable dans ces institutions; on compte, en effet, deux chercheurs pour un technicien.

4.2.2.-

Tableau n° 14 - Répartition du personnel enseignant, scientifique et technique des Universités, appartenant au cadre, selon le niveau de formation et la nationalité.

Nationalité	Niveaux de formation			Total
	Universi- taires	Ingénieurs- techniciens	Techniciens A.2	
-belge	60	1	23	84
-hollandaise	1	1	-	2
-française	-	-	1	1
-italienne	-	-	2	2
-allemande	1	-	-	1
Total Communauté Européenne	62	2	26	90
-suisse	1	1	-	2
TOTAL GENERAL	63	3	26 (1)	92

Dans sa quasi totalité, le personnel qui appartient aux cadres des universités est belge. On rencontre cependant, dans les universités libres, quelques étrangers.

(1) Le total des A.2 et assimilés recensés est de 39 unités, mais le sexe et la nationalité n'ayant pas été renseignés pour 13 d'entre eux, le total des A.2 dans les tableaux 13 et 14 est de 26 unités.

Les données disponibles pour les Universités sont presque complètes. Le personnel de quatre laboratoires seulement, dont celui de l'Ecole Royale Militaire, n'a pu être couvert partiellement ou complètement pour des raisons diverses.

Tableau n° 12 - Répartition globale du personnel de l'enseignement supérieur par grands niveaux de formation.

Niveaux de formation	Universités			Instituts agronomiques			I.I.S.N.			Totaux	
	n	%		n	%		n	%		n	% vertic.
		vert.	horiz.		vert.	horiz.		vert.	horiz.		
Universitaires	63	60,00	31,34	17	58,60	8,46	121	87,05	60,20	201	73,63
Ingénieurs-techniciens	3	2,86	12,50	4	13,80	16,67	17	12,23	70,83	24	8,79
Techniciens A.2 et assimilés	39	37,14	81,25	8	27,60	16,67	1	0,72	2,08	48	17,58
Totaux	105	100	38,46	29	100	10,62	139	100	50,92	273	100

Au total, 273 fiches individuelles ont été établies. De ces 273 personnes, impliquées dans la recherche nucléaire s'effectuant dans les établissements d'enseignement supérieur, 105 appartiennent aux cadres des Universités (la Faculté Polytechnique de Mons est reprise dans les Universités); 139 relèvent de l'Institut Interuniversitaire des Sciences Nucléaires, mais travaillent au sein des laboratoires universitaires; enfin, 29 personnes s'occupent de recherches ou d'applications nucléaires dans les Instituts Agronomiques belges.

4.2.- Analyse détaillée du personnel des Universités.

Parmi le personnel appartenant aux cadres des Universités, on compte 58 diplômés universitaires, 3 ingénieurs techniciens et 26 techniciens ou personnel assimilé. 10 % des ingénieurs et chercheurs sont de sexe féminin.

3.2.7.- Le temps consacré par le personnel spécialisé des groupes 1 et 2 à des activités non nucléaires.

Au début de l'enquête, on s'était préoccupé d'essayer de déterminer la fraction de son temps de travail, consacrée par le personnel spécialisé, à des activités spécifiquement nucléaires.

Si, pour un organisme tel que le C.E.N., pareille question présentait un intérêt mineur du fait même des buts et de l'équipement de l'institution, pour le secteur privé, les réponses auraient pu faire apparaître le caractère prépondérant ou accessoire des activités nucléaires de certaines entreprises.

La question ne semble pas avoir toujours été bien comprise, le nombre de non-réponses est relativement élevé. La seule indication que l'on puisse en retirer, c'est qu'aussi bien au C.E.N. que dans le secteur privé, la proportion de personnel spécialisé, qui consacre moins de 50 % de son temps à des activités nucléaires, atteint à peine 10 %. Les tâches non nucléaires sont principalement des tâches administratives, de coordination et d'enseignement. Le personnel non universitaire spécialisé se consacre en général à plein temps à des tâches nucléaires.

4.- La situation actuelle de l'emploi dans l'enseignement supérieur et la recherche scientifique au sein des Universités et établissements y assimilés.

4.1.- Les grands niveaux de l'emploi qualifié.

On présentera successivement les résultats du recensement pour les quatre Universités, auxquelles ont été adjointes la Faculté Polytechnique de Mons et l'Ecole Royale Militaire, pour les Instituts Agronomiques et, enfin, pour l'Institut Interuniversitaire des Sciences Nucléaires.

Les enquêtes menées au sein des Universités n'ont pas présenté de difficultés majeures. Des contacts furent pris avec les Recteurs, qui invitèrent les membres de leur corps professoral, concernés par l'enquête, à apporter leur concours aux chercheurs de l'Institut de Sociologie. A l'Université de Liège, la réalisation de l'enquête subit un retard très considérable, le Rectorat ayant demandé des informations complémentaires sur le but que poursuivait l'EURATOM en faisant réaliser cette étude.

TABLEAU n° 11 - Répartition du personnel spécialisé non universitaire, par département où il est occupé.

(Groupe 1)

Activités Formation	Activités scientifiques							Construction et fabrication				Administration en général				Autres services			Total
	Physique	Chimie	Etude et exploitation des réacteurs	Mécanique	Métallurgie	Electromécanique et électronique	Radiobiologie	Recherches nucléaires et bureaux d'études (*)	Génie civil	Constructions, études d'architectes, fabrication	Ateliers, services techniques et contrôles	Administration générale et technique	Document., informat., bibliothèque, approvisionnements	Administration BR 1, 2, 3	Administration	Mesure de radiations	Serv. de protection + Sécurité industrielle	Médecine préventive	
Ingénieurs technic.																			
C.E.N.																			
Ing. tech. constr. civ.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Ing. tech. électric.	4	-	5	-	2	4	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	17
Ing. tech. mécanic.	-	-	3	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8
Ing. tech. électroméc.	1	-	10	-	1	-	-	2	-	-	-	-	-	1	1	2	-	-	20
Ing. tech. électronique.	3	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1	-	-	8
Ing. tech. ind. nuclé.	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
Ing. tech. chim.-biol.	1	27	1	-	6	-	-	5	-	-	-	-	-	-	4	-	1	-	49
Ing. tech. agricole	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Ing. tech. non spécif.	-	1	4	-	1	-	-	5	-	-	-	-	1	-	-	1	3	-	16
Tot. Ing. tech. C.E.N.	11	30	23	-	13	5	10	5	-	-	4	3	1	9	4	4	-	-	122
Secteur privé.																			
Ing. tech. électricien	-	-	-	-	-	-	-	4	-	3	-	1	-	2	-	1	-	-	11
Ing. tech. mécanicien	-	-	-	-	-	-	-	5	-	1	1	-	-	-	-	1	-	-	8
Ing. tech. électroméc.	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	1	1	-	1	-	-	-	-	7
Ing. tech. électronique.	1	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
Ing. tech. ind. nuclé.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	2
Ing. tech. chim. biol.	-	2	-	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	13
Ing. tech. non spécif.	-	-	-	-	-	-	-	6	-	3	1	3	-	-	-	-	-	-	13
Tot. ing. tec. Sect. priv.	1	2	-	-	-	-	-	32	-	8	4	5	-	3	-	3	-	-	58
Tot. ingén. techniciens	12	32	23	-	13	5	10	37	-	8	4	9	3	3	9	7	4	-	180
Techniciens A.2																			
C.E.N.																			
A.2 Chim. nucléaire	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	-	-	-	5
A.2 électronique. nucl.	-	-	3	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	2	5	1	-	-	13
A.2 nucl. non spéc.	2	1	4	-	6	-	-	1	-	-	1	-	2	-	-	1	-	-	18
Tot. tech. A.2 C.E.N.	2	3	7	-	7	-	-	2	-	-	1	-	2	7	2	-	-	-	36
Secteur privé																			
A.2 chim. nucléaire	-	3	-	-	-	-	-	3	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	8
A.2 électron. nucl.	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	6
A.2 nucl. non spéc.	-	-	-	-	-	-	-	11	-	-	1	-	-	3	1	-	-	-	16
Tot. tech. A.2 s. priv.	-	3	-	-	-	-	-	18	-	-	1	1	-	4	2	1	-	-	30
Tot. technic. A.2	2	6	7	-	7	-	-	20	-	-	1	2	-	9	9	3	-	-	66
Tot. techn. C.E.N.	13	33	30	-	20	5	10	7	-	-	5	3	6	16	6	4	-	-	158
Tot. tech. sect. priv.	1	5	-	-	-	-	-	50	-	8	5	6	-	7	2	4	-	-	88
TOTAL GENERAL	14	38	30	-	20	5	10	57	-	8	5	11	3	13	18	10	4	-	246

Dans le secteur privé, la répartition est nettement différente, et c'est normal. Il s'agit surtout de bureaux ou de services d'études et de développement, parfois de constructions de prototypes.

La proportion d'ingénieurs civils dans les universitaires atteint 77,4 %, dont la majorité sont électro-mécaniciens ou électriciens. Le nombre de docteurs et licenciés en sciences est beaucoup plus élevé qu'au C.E.N. Les docteurs en chimie sont plus nombreux que les licenciés; la situation est inverse pour les physiciens. Mais il faut dire qu'il y a plus de doctorats en sciences chimiques qu'en sciences physiques dans les Universités belges.

Sur les 159 universitaires spécialisés dans le secteur privé, 76 sont occupés à des tâches scientifiques, 39 à des services de construction et de fabrication, 22 à des services administratifs (dont 13 ingénieurs civils dans les Directions générales des entreprises) et 10 à la protection.

En ce qui concerne le personnel spécialisé de formation non universitaire, ce sont, aussi bien au C.E.N. que dans le secteur privé, les ingénieurs techniciens chimistes qui dominent (62), suivis par les ingénieurs techniciens électro-mécaniciens (27), électriciens (28) et électroniciens (12).

Au C.E.N., 4 départements se partagent les services de la majorité des ingénieurs techniciens chimistes : les départements chimie, mesure des radiations, métallurgie et radiobiologie.

La répartition des ingénieurs techniciens d'autres spécialités n'appelle pas de commentaires spéciaux.

Sur les 180 ingénieurs techniciens recensés, 132 se trouvent dans des départements de recherche.

Quant aux techniciens A.2 des industries nucléaires, de création assez récentes, on les trouve au C.E.N. aux départements "groupe exploitation", "métallurgie" et "mesure des radiations".

Dans le privé, ils travaillent comme auxiliaires des ingénieurs de recherche et d'étude.

TABLEAU n° 10 - Répartition du personnel universitaire du secteur privé, par diplômes et par type d'activités.

(Groupe 2)

Activités Formation	Activités scientifiques							Construction et fabrication	Administration en général				Autres services			Total			
	Physique	Chimie	Etude et exploitation des réacteurs	Mécanique	Métallurgie	Electromécanique et électronique	Radiobiologie	Recherches nucléaires et études (*)	Génie civil	Ateliers, services techniques et contrôles	Administration générale et technique	Document., informat., bibliothèque, ap-provisionnements	BR 1, 2, 3	Administration	Mesure de radiations		Serv. de protection + Sécurité indus-trielle	Médecine pré-ventive	Divers
Ing.civ.des mines	-	-	-	-	-	-	-	4	-	1	-	-	-	-	-	-	-	7	
Ing.civ.construc.civils	-	-	-	-	-	-	-	4	-	4	-	-	-	-	-	-	-	11	
Ing.civ.métallurgiste	-	-	-	-	-	-	-	5	-	1	-	-	-	-	-	-	-	8	
Ing.civ.chimiste	-	-	-	1	-	-	-	6	-	1	-	-	-	-	-	-	-	8	
Ing.civ.mécanicien	-	-	-	-	-	-	-	8	-	1	-	-	-	-	-	-	-	11	
Ing.civ.électricien	-	1	-	-	-	-	-	8	-	8	-	-	4	-	2	-	2	27	
Ing.civ.electromécan.	2	-	-	-	-	-	-	20	-	6	-	-	1	-	4	-	-	39	
Ing.civ.electronic.	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	1	-	-	-	-	4	
Ing.civ.physicien	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	
Ing.civ.non spécif.	-	-	-	-	-	-	-	1	-	4	-	-	-	-	-	-	-	6	
Total Ingén.civils	4	1	-	2	-	-	-	59	-	26	7	9	1	5	7	-	2	123	
Doct.sc.mathématiques	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	
Doct.sc.physiques	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	
Doct.sc.chimiques	-	4	-	-	-	-	-	4	-	1	-	-	-	-	-	-	-	10	
Tot.Doct.en sciences	-	4	1	-	-	-	-	5	-	1	-	1	-	-	-	-	-	12	
Lic.sc.physiques	-	-	-	-	-	-	-	7	-	2	-	-	-	-	-	-	-	9	
Lic.sc.chimiques	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	1	-	1	-	-	-	-	4	
Tot.Lic.en sciences	-	-	-	-	-	-	-	9	-	2	1	-	1	-	-	-	-	13	
Tot.Doct.& Lic.Sc.	-	4	1	-	-	-	-	14	-	3	1	1	1	-	-	-	-	25	
Doct.sc.commerciales	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	2	
Ingén.commerciaux	-	-	-	-	-	-	-	2	-	1	-	1	-	-	-	-	-	4	
Tot.dipl.sc.commerc.	-	-	-	-	-	-	-	2	-	1	-	3	-	-	-	-	-	6	
Doct.en médecine	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	
Doct.en droit	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	2	
Universit.non spéc.	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	2	
TOTAL GENERAL	4	5	1	2	-	-	-	76	-	30	9	15	2	5	-	7	1	2	159

(*) Projet Vulcain, Laboratoire, Etudes technologiques.

On en dégagera d'abord une impression superficielle du potentiel global de recherche et/ou d'applications nucléaires (car il n'est pas possible de déterminer si, dans les divers bureaux, services et laboratoires recensés, le seuil de rentabilité scientifique des équipes est atteint). Néanmoins, pour le spécialiste, ces tableaux devraient permettre de se faire une idée approximative de la contribution possible des chercheurs et ingénieurs belges au développement de la recherche et des activités nucléaires dans le pays. Au C.E.N., les ingénieurs civils représentent 46,5 % de l'effectif universitaire; ils sont suivis par les licenciés et docteurs en sciences (41,2 %), le restant comprenant des médecins (11 unités), des pharmaciens (4 unités) et quelques juristes et économistes.

Les ingénieurs civils spécialisés en électricité, électronique ou électromécanique, sont les plus nombreux parmi les ingénieurs civils; ils dominent dans les départements "étude des réacteurs" et "mesure des radiations". Dans ces départements, sur 6 licenciés en sciences, on trouve 4 mathématiciens.

Les chimistes et physiciens se retrouvent surtout dans les services de recherche pure ou de chimie appliquée; quant aux médecins, ils s'occupent de radiobiologie et de médecine préventive.

Sur les 187 universitaires du C.E.N., 135 sont occupés dans les laboratoires et services scientifiques, 23 dans les services de protection et 29 dans les services administratifs et de construction.

TABLEAU n° 9 - Répartition du personnel universitaire du C.E.N. par diplôme et par activités.

(Groupe 1)

Activités	Activités scientifiques								Construction et fabrication			Administration en général			Autres services				Total
	Physique	Chimie	Etude et exploitation des réacteurs	Mécanique	Métallurgie	Electromécanique et électronique	Radioisotopie	Recherches nucléaires et bureaux d'études (*)	Génie civil	Constructions, études d'architectes, fabrication	Ateliers, services techniques et contrôles	Adm. générale et technique	Document., informatic., bibliothèque, ap-provisionnements	Administration BR 1, 2, 3	Meure des radiations	Serv. de protection + Sécurité Industriels	Médecine préventive	Divers	
Formation																			
Ing. civ. des mines	-	-	6	1	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	11	
Ing. civ. des constructions civiles	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	1	-	-	7	
Ing. civ. métallurgiste	-	-	1	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	
Ing. civ. chimiste	1	3	-	-	1	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	9	
Ing. civ. mécanicien	-	-	4	-	-	-	-	1	-	-	1	-	-	1	-	-	-	8	
Ing. civ. électricien	2	-	9	1	-	1	-	-	-	-	1	1	-	3	-	-	-	17	
Ing. civ. électroméc.	2	-	8	-	-	-	-	1	-	-	2	-	1	3	1	-	-	18	
Ing. civ. électronique	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	4	
Ing. civ. non spécif.	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	2	
Total ingén. civils	5	3	36	2	11	1	1	2	-	-	13	1	1	9	2	-	-	87	
Doc. sc. physiques	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	
Doc. sc. chimiques	-	3	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	
Doc. sc. biochimiques	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	
Doc. sc. non spécif.	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	3	
Tot. Doct. en sciences	-	5	-	-	-	-	-	2	-	-	2	-	-	-	-	-	-	9	
Lic. sc. mathématiques	5	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	
Lic. sc. physiques	23	-	1	3	-	-	-	-	-	-	1	-	-	3	-	-	-	31	
Lic. sc. chimiques	4	8	1	-	1	-	-	2	-	-	1	1	-	2	1	-	-	21	
Lic. sc. biologiques	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	
Lic. sc. non spécif.	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	6	
Tot. Lic. en sciences	32	8	6	3	1	-	7	-	-	1	3	1	-	5	1	-	-	68	
Tot. Doct. & Lic. Sc.	32	13	6	3	1	-	9	-	-	1	5	1	-	5	1	-	-	77	
Lic. sc. écon. & fin.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	
Lic. sc. commerciales	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	3	
Tot. économistes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	3	
Doct. en médecine	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	2	-	3	-	11	
Pharmaciens	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	4	
Ingén. agronomes	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	
Docteurs en droit	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	1	-	-	-	-	-	3	
TOTAL GENERAL	37	19	42	5	12	1	17	2	-	1	24	3	1	16	3	4	-	187	

Le tableau n° 8 nous montre qu'au C.E.N., 38 % des universitaires et 52 %, dans le secteur privé, ont complété, d'une façon ou d'une autre, leur formation de base. Les pourcentages sont beaucoup plus bas pour les ingénieurs-techniciens et les techniciens, où la formation complémentaire a sans doute trait à des techniques plus spécifiques.

De quelle nature sont les formations complémentaires ?

Il avait été précisé, dans le questionnaire, de ne renseigner que les formations complémentaires ayant une incidence directe sur les travaux effectués dans le cadre des occupations actuelles normales des intéressés. De même, on les avait priés d'exclure les sessions (week-ends, journées d'études, etc...) de toute durée, d'information plutôt que de formation.

Plus de la moitié des universitaires (53,3 %) ont suivi surtout des cours théoriques. Chez les ingénieurs-techniciens, ce sont les stages qui sont les plus fréquents.

Les cours et stages ont, dans la majeure partie des cas, été effectués à l'étranger.

3.2.6.- Répartition du personnel universitaire et spécialisé des groupes 1 et 2, par type de diplôme et par genre d'activités.

Les tableaux n° 9, 10 et 11, que l'on trouvera ci-après, donnent l'image de la répartition du personnel universitaire et spécialisé, par type de diplôme et genre d'activités exercées.

Ces tableaux ayant été remplis d'après les fiches individuelles reçues, renferment quelques inexactitudes, imputables aux intéressés eux-mêmes. Ainsi, il y a au C.E.N. plus d'un ingénieur agronome, tandis que certains titres non spécifiés recouvriraient éventuellement des diplômes inférieurs. Néanmoins, la portée de ces quelques inexactitudes est négligeable dans la perspective de ce rapport.

TABLEAU n° 8 - Répartition du personnel par niveaux de formation et par formation complémentaire reçue.

Formation reçue	Formation universitaire				Ingénieurs techniciens				Techniciens A.2 des industries nucléaires				Total général			
	C.E.N.	S.privé	n	Total %	C.E.N.	S.privé	n	Total %	C.E.N.	S.privé	n	Total %	C.E.N.	S.privé	n	Total %
-cours théoriques	25	29	54	35,07	4	1	5	27,78	-	-	-	-	29	30	59	34,30
-cours pratiques	-	1	1	0,65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	0,58
-cours théoriques et pratiques	15	12	27	17,53	-	2	2	11,11	-	-	-	-	15	14	29	16,86
Total des personnes ayant suivi des cours théoriques et/ou pratiques	40	42	82	53,25	4	3	7	38,89	-	-	-	-	44	45	89	51,74
-stages théoriques	-	4	4	2,60	-	-	-	-	-	1	1	50,0	-	4	4	2,33
-stages pratiques	1	16	17	11,04	-	1	1	5,55	-	-	-	-	1	17	18	10,47
-stages théoriques et pratiques	28	12	40	25,97	4	3	7	38,89	-	1	1	50,0	32	15	47	27,32
Total des personnes ayant fait des stages théoriques et/ou pratiques	29	32	61	39,61	4	4	8	44,44	-	2	2	100	33	36	69	40,12
-autre formation théorique (1)	-	4	4	2,60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	4	2,33
-autre formation pratique (1)	-	1	1	0,65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	0,58
-autre formation théorique et pratique (1)	2	4	6	3,89	2	1	3	16,67	-	-	-	-	4	5	9	5,23
Total des personnes ayant reçu une formation théorique et/ou pratique	2	9	11	7,14	2	1	3	16,67	-	-	-	-	4	10	14	8,14
TOTAL GENERAL	71	83	154	100	10	8	18	100	-	2	2	100	81	91	172	100
Effectifs totaux par catégorie	187	159	346		122	58	180		36	30	66		345	247	592	

(1) Séminaires et colloques de longue durée, voyages d'étude.

Le problème de l'ancienneté dans les activités nucléaires intéresse à plus d'un titre. Il pourrait donner une image assez grossière de la mobilité professionnelle, si nous comparions les effectifs en service à diverses dates et l'ancienneté du personnel actuel. On y trouvera aussi des indications sur l'évolution du recrutement.

D'autre part, la relation âge-ancienneté dans le secteur devrait être également révélatrice des "patterns" de carrière.

Si l'on examine les résultats bruts du tableau n° 7, on constate tout d'abord qu'au moins la moitié du personnel spécialisé a moins de cinq ans d'ancienneté dans le secteur (dont au moins 43 % des universitaires, 60 % des ingénieurs-techniciens et 56 % des techniciens A.2 des industries nucléaires).

Pour les universitaires, le passage dans les activités du secteur nucléaire se fait presque immédiatement après les études et le doctorat éventuel qui les suit. Il en est également ainsi, peut-être même davantage, pour les ingénieurs-techniciens et les techniciens A.2 spécialisés. Si l'on considère d'autre part les éléments qui ont une ancienneté de carrière supérieure à 9-10 ans dans le secteur, on constate que les âges de départ dans les activités nucléaires se concentrent dans deux classes : 25-35 ans et 45-50 ans. Ces derniers, ingénieurs de type classique, se sont reconvertis à la nouvelle discipline et ont constitué le cadre directeur des nouvelles équipes.

3.2.5.- Répartition du personnel spécialisé des groupes 1 et 2 par niveaux de formation et suivant la formation complémentaire reçue.

L'emploi dans le secteur nucléaire demande-t-il en général un complément de formation, en plus de la formation classique de base ? Celle-ci s'acquiert-elle en dehors du lieu de travail habituel, dans des institutions académiques ou dans d'autres laboratoires et installations, ou bien sur le tas ?

TABLEAU n° 7 - Répartition du personnel spécialisé par niveau de formation et par ancienneté professionnelle dans les activités nucléaires.

Ancienneté Formation	Ancienneté												Total
	10 ans et plus	9 ans	8 ans	7 ans	6 ans	5 ans	4 ans	3 ans	2 ans	1 an	moins d'un an	sans ré- ponse	
Universitaires :													
C.E.N.	13	8	10	23	12	25	31	15	10	25	9	6	187
Secteur privé	15	3	10	12	15	12	9	10	5	22	14	32	159
Total universitaires	28	11	20	35	27	37	40	25	15	47	23	38	346
%	8,09	3,18	5,78	10,12	7,80	10,60	11,56	7,23	4,34	13,58	6,65	10,98	100
Ingénieurs techniciens:													
C.E.N.	1	3	7	19	7	9	23	12	8	23	7	3	122
Autres	1	1	3	-	2	1	6	11	5	12	2	14	58
Total ingén.techniciens	2	4	10	19	9	10	29	23	13	35	9	17	180
%	1,11	2,22	5,56	10,56	5,00	5,56	16,11	12,78	7,22	19,44	5,00	9,44	100
Techniciens A.2 :													
C.E.N.	-	-	4	1	5	3	7	4	3	3	1	5	36
Autres	-	-	-	1	1	-	1	6	6	1	5	9	30
Total Techniciens A.2	-	-	4	2	6	3	8	10	9	4	6	14	66
%	-	-	6,06	3,03	9,09	4,55	12,12	15,15	13,64	6,06	9,09	21,21	100
TOTAL GENERAL :													
C.E.N.	14	11	21	43	24	37	61	31	21	51	17	14	345
Autres	16	4	13	13	18	13	16	27	16	35	21	55	247
Secteur: chiffres absolus	30	15	34	56	42	50	77	58	37	86	38	69	592
%	5,07	2,53	5,74	9,46	7,09	8,45	13,01	9,80	6,25	14,53	6,42	11,64	100

3.2.4.-
Répartition du personnel spécialisé par niveaux de formation et par ancienneté dans le secteur. (Groupes 1 et 2)

Comme il s'agit d'un secteur neuf, les jeunes diplômés s'y retrouvent en grand nombre : 25,5 % des universitaires et 32 % des ingénieurs techniciens ont moins de trente ans. Le cas des techniciens A.2 des industries nucléaires doit être dissocié, car il s'agit d'un type de formation scolaire assez récent (la première promotion est sortie en 1956) l'âge moyen de ces techniciens est donc assez bas (1).

A l'autre extrémité, on trouve 21,4 % d'universitaires âgés de plus de 40 ans et 11,1 % d'ingénieurs-techniciens. C'est parmi ces universitaires que l'on trouve les responsables de la direction et de la gestion des institutions. La répartition par classes d'âge varie fort peu, qu'il s'agisse du C.E.N. ou du secteur privé.

Que la moyenne d'âge dans le secteur nucléaire soit assez basse, est encore attesté par le fait que le groupe des 30-39 ans rassemble 47,8 % du personnel spécialisé de haut niveau.

D'autre part, on aurait pu s'attendre à ce que les jeunes classes soient plus fournies proportionnellement au C.E.N. que dans le secteur privé, tenant compte des périodes de formation pratique et de stage; les différences n'apparaissent guère significatives.

(1) L'on n'a pas recensé les âges de 170 techniciens A.2 diplômés d'orientations classiques, qui n'ont pas reçu de formation scolaire nucléaire et se sont, le cas échéant, formés sur le tas à leurs nouvelles fonctions.

TABLEAU n° 6 - Répartition du personnel spécialisé par niveaux de formation et par âge.

A g e	Formation universitaire				Ingénieurs techniciens				Techniciens A.2 des industries nucléaires				TOTAL GENERAL			
	C.E.N.	St.privé	n	%	C.E.N.	S.privé	n	%	C.E.N.	S.privé	n	%	C.E.N.	S.privé	n	%
21 ans	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	1	-	1	-
22 ans	-	1	1	-	-	1	1	-	-	1	1	-	-	3	3	-
23 ans	-	1	1	-	4	-	4	-	1	-	1	-	5	1	6	-
24 ans	-	1	1	-	5	2	7	-	4	2	6	-	9	5	14	-
Total 21 - 24 ans	-	3	3	0,87	9	3	12	6,67	6	3	9	13,63	15	9	24	4,05
25 ans	7	4	11	-	7	6	13	-	4	3	7	-	18	13	31	-
26 ans	10	12	22	-	9	2	11	-	3	5	8	-	22	19	41	-
27 ans	6	7	13	-	9	4	13	-	4	3	7	-	19	14	33	-
28 ans	14	5	19	-	12	4	16	-	-	2	2	-	26	11	37	-
29 ans	9	12	21	-	6	5	11	-	4	1	5	-	19	18	37	-
Total 25 - 29 ans	46	40	86	24,86	43	21	64	35,55	15	14	29	43,94	104	75	179	30,24
30 ans	7	6	13	-	5	6	11	-	4	2	6	-	16	14	30	-
31 ans	12	10	22	-	9	4	13	-	4	3	7	-	25	17	42	-
32 ans	12	9	21	-	10	3	13	-	-	1	1	-	22	13	35	-
33 ans	14	8	22	-	11	1	12	-	1	2	3	-	26	11	37	-
34 ans	10	9	19	-	7	4	11	-	1	-	1	-	18	13	31	-
Total 30 - 34 ans	55	42	97	28,03	42	18	60	33,33	10	8	18	27,27	107	68	175	29,56
35 ans	14	12	26	-	4	3	7	-	1	-	1	-	19	15	34	-
36 ans	8	11	19	-	4	-	4	-	-	1	1	-	12	12	24	-
37 ans	9	4	13	-	2	1	3	-	-	-	-	-	11	5	16	-
38 ans	6	9	15	-	2	1	3	-	-	2	2	-	8	12	20	-
39 ans	2	8	10	-	3	1	4	-	-	-	-	-	5	9	14	-
Total 35 - 39 ans	39	44	83	23,99	15	6	21	11,67	1	3	4	0,06	55	53	108	18,24
40 ans	6	4	10	-	3	2	5	-	-	-	-	-	9	6	15	-
41 ans	7	2	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	2	9	-
42 ans	2	7	9	-	2	1	3	-	-	-	-	-	4	8	12	-
43 ans	3	1	4	-	-	1	1	-	-	1	1	-	3	3	6	-
44 ans	4	1	5	-	2	-	2	-	-	-	-	-	6	1	7	-
Total 40 - 44 ans	22	15	37	10,69	7	4	11	6,11	-	1	1	1,52	29	20	49	8,28
45 ans	1	-	1	-	1	-	1	-	-	-	-	-	2	-	2	-
46 ans	2	1	3	-	-	2	2	-	-	-	-	-	2	3	5	-
47 ans	1	1	2	-	-	1	1	-	-	-	-	-	1	2	3	-
48 ans	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	1	-
49 ans	3	1	4	-	-	-	-	-	-	1	1	-	3	2	5	-
Total 45 - 49 ans	7	3	10	2,89	1	4	5	2,78	-	1	1	1,52	8	8	16	2,70
50 ans	-	1	1	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	2	2	-
51 ans	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
52 ans	4	2	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	2	6	-
53 ans	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-
54 ans	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	1	-	1	-
Total 50 - 54 ans	4	4	8	2,31	1	1	2	1,11	-	-	-	-	5	5	10	1,69
55 ans	2	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	2	-
56 ans	1	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	2	-
57 ans	1	1	2	-	1	-	1	-	-	-	-	-	2	1	3	-
58 ans	1	3	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	3	4	-
59 ans	3	2	5	-	1	-	1	-	-	-	-	-	4	2	6	-
Total 55 - 59 ans	8	7	15	4,33	2	-	2	1,11	-	-	-	-	10	7	17	2,87
60 ans	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
61 ans	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-
62 ans	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-
63 ans	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
64 ans	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total 60 - 64 ans	2	-	2	0,58	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	2	0,34
65 ans et plus	1	1	2	0,58	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	2	0,34
Sans réponse	3	-	3	0,87	2	1	3	1,67	4	-	4	6,06	9	1	10	1,69
TOTAL GENERAL	187	159	346	100	122	58	180	100	36	30	66	100	345	247	592	100

3.2.3.- Répartition du personnel spécialisé des groupes 1 et 2, par niveaux de formation et par âge.

Dans un secteur où l'ampleur des investissements en équipement spécialisé conditionne, dans une très large mesure, les possibilités de recherche fondamentale et de développement et où ceux-ci sont en partie réalisés par des participations internationales, il était intéressant d'examiner l'éventuelle extension d'une collaboration scientifique permanente, dépassant les frontières.

En d'autres termes, et surtout dans le secteur de la recherche fondamentale, la division du travail encourage-t-elle la constitution d'équipes internationales relativement stables ou, au contraire, chaque pays effectue-t-il ses programmes avec des chercheurs nationaux ? Il est vain de vouloir décrire la situation dans les pays de la Communauté, à partir du seul exemple belge, aussi s'agira-t-il seulement d'éléments versés au dossier.

C'est également surtout dans un centre de recherches collectives, largement subsidiées par les pouvoirs publics, qu'il fallait observer le phénomène, car dans le secteur privé, le jeu des intérêts en cause pouvait éventuellement être un obstacle à une participation d'un personnel étranger nombreux.

Au total, les universitaires, les ingénieurs-techniciens et les techniciens spécialisés belges des industries nucléaires, représentent au moins 93,6 % de l'ensemble du personnel de ces niveaux de qualification. L'association permanente de chercheurs et spécialistes de nationalité étrangère aux travaux effectués en Belgique est donc très faible.

TABLEAU n° 5 - Répartition du personnel spécialisé par niveaux de formation et par nationalité.

Formation Nationalité	Universitaire			Ingénieurs techniciens			Techniciens A.2 des industries nucléaires			Total général					
	C.E.N.	sect. privé	Total	C.E.N.	sect. privé	Total	C.E.N.	sect. privé	Total	C.E.N.	%	sect. privé	%	Total	%
-belge	169	154	323	112	55	167	34	30	64	315	91,30	239	96,76	554	93,58
-hollandaise	1	-	1	-	1	1	-	-	-	1	0,30	1	0,41	2	0,34
-luxembourgeoise	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total BENELUX	170	154	324	112	56	168	34	30	64	316	91,60	240	97,17	556	93,92
-française	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-italienne	4	-	4	1	-	1	-	-	-	5	1,45	-	-	5	0,84
-allemande	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total EURATOM	174	154	328	113	56	169	34	30	64	321	93,05	240	97,17	561	94,76
-anglaise	4	-	-	-	-	-	-	-	-	4	1,16	-	-	4	0,68
-sans réponse	9	5	14	9	2	11	2	-	2	20	5,79	7	2,83	27	4,56
TOTAL GENERAL	187	159	346	122	58	180	36	30	66	345	100	247	100	592	100
%			58,4			30,4			11,2					100	

3.2.2.-
 Répartition du personnel par niveaux de formation et par nationalité.
 (Groupes 1 et 2)

3.- 2.1 : Répartition du personnel par niveaux de formation et par sexe.

TABLEAU N° 4 -- Répartition du personnel des groupes 1 et 2 par niveaux de formation et par sexe. (pourcentages par rapport aux effectifs totaux: 2042 unités)

Formation et secteur	Masculin		Féminin		Totaux	
	N	%	N	%	N	%
<u>Universitaire</u>						
C. E. N.	176	8,6	11	0,5	187	9,1
Secteur privé	153	7,5	6	0,3	159	7,8
Total universitaires	329	16,1	17	0,8	346	16,9
<u>Ingénieurs techniciens</u>						
C.E.N.	114	5,6	8	0,4	122	6,0
Secteur privé	58	2,8	-	-	58	2,8
Total Ingénieurs-technic.	172	8,4	8	0,4	180	8,8
<u>Techniciens A.2 des industries nucléaires et techniciens A.2/B.1 ordinaires</u>						
C.E.N.	203	10,0	6	0,3	209	10,3
Secteur privé	142	7,0	-	-	142	7,0
Total A.2 et A.2/B.1	345	17,0	6	0,3	351	17,3
<u>Autres formations</u>						
C.E.N.	529	25,9	158	7,7	687	33,6
Secteur privé	411	20,1	67	3,3	478	23,4
Total autres formations	940	46,0	225	11,0	1165	57,0
TOTAL GENERAL	1786	87,5	256	12,5	2042	100,0

Ce tableau n'appelle pas de commentaires particuliers, sauf en ce qui concerne l'emploi féminin. Les femmes représentent, au C.E.N., 6 % de l'emploi universitaire, contre 4% dans le secteur privé; 7 % de l'emploi de niveau A.1.

Parmi les femmes universitaires, on ne rencontre aucun ingénieur civil, mais bien des licenciées et docteurs en sciences (mathématiciennes, chimistes ou physiciennes); parmi les femmes ingénieurs-techniciens et assimilées (3 ingénieurs-techniciens chimistes, 2 métallurgistes, 3 assistantes de laboratoire). Elles remplissent toutes des tâches de documentation et d'information ou de recherches et de contrôle (analyses).

Il n'est pas possible de tirer des conclusions du tableau n° 3, quant aux niveaux de formation du personnel subalterne.

A ce niveau, on remarquera que dans une institution publique comme le C.E.N., le diplôme est plus qu'ailleurs considéré comme un critère de recrutement, encore que ceci n'implique pas un jugement de valeur sur la qualité de ce personnel.

3.- 2 : Analyse détaillée de l'emploi - La répartition du personnel par niveaux de formation, par sexe, par nationalité, par âge, par ancienneté dans la carrière et par type de formation spécialisée reçue.

Dans l'analyse détaillée qui va suivre, l'on n'a repris, sauf dans le tableau n° 4, que le personnel de niveau supérieur (universitaires et techniciens supérieurs) et les techniciens spécialisés, les autres niveaux de formation n'étant pas susceptibles d'avoir une influence sur l'éventuel développement du secteur, ni de constituer des goulots d'étranglement.

Dans le secteur privé, les activités nucléaires de la plupart des entreprises ne représentent qu'une division de celles-ci, qui s'appuie sur des services communs, pour tout ce qui ne demande pas de personnel spécialisé. Ceci réduit d'autant leur personnel propre. Même les entreprises à activité nucléaire exclusive bénéficient souvent de l'appui des entreprises qui ont uni leurs efforts pour les créer, ou entretiennent des contacts très étroits avec des entreprises-soeurs.

En gros, les universitaires représentent 15 à 20 % du personnel spécialisé; les ingénieurs-techniciens, 7 à 11 %; les techniciens et éléments ayant une formation secondaire supérieure, 25 à 30 %. Mais il s'agit surtout de situations existant dans des institutions de recherches ou des bureaux d'études ou des entreprises qui en sont toujours à des fabrications de prototypes ou de séries réduites de petit équipement, ou encore de métallurgie nucléaire, à une relativement petite échelle. Une modification dans les activités entraînerait vraisemblablement des changements de structures.

Les programmes auxquels le personnel recensé est attelé, varient assez fortement dans le temps et suivant les sous-secteurs considérés, mais il apparait comme vraisemblable que le développement des diverses activités mentionnées ne serait pas accompagné d'une extension proportionnelle des cadres supérieurs (sauf dans l'exploitation des centrales nucléaires).

TABLEAU N° 3 - Répartition du personnel subalterne d'administration et du personnel ouvrier.

Niveaux de formation	Groupe 1		Groupe 2		Total
	C. E. N.		Secteur privé		Hommes +
	Hommes	Femmes	Hommes	Femmes	Femmes
A.3/A.4 (enseign. techn. second. inf. ou enseign. professionnel)	160	-	73	1	234
Autres ouvriers diplômés	29	-	47	-	76
Ouvriers qualifiés non diplômés	-	-	84	5	89
Enseign. technique d'autres orientations (1)	92	44	22	7	165
Humanités complètes	42	18	30	5	95
Humanités incomplètes	80	47	26	2	155
Personnel dactylographe	126	49	-	31	206
Obligation scolaire et non spécifiée (2)	-	-	129	16	145
T o t a l :	529	158	411	67	1165

(1) Par "enseignement technique d'autres orientations", on entend les diplômés des écoles commerciales et de secrétariat.

(2) Ici ont été reprises les personnes n'ayant pas poursuivi des cours au-delà de 14 ans, et les personnes ayant une formation inférieure non spécifiée.

Etant donné la variété des activités couvertes par ce personnel, les commentaires que l'on peut faire sur les structures qualitatives seront limités. Il faut aussi remarquer que si les structures relatives au secteur privé - dans les conditions présentes - peuvent être considérées comme satisfaisantes pour la couverture des besoins actuels en personnel qualifié (il n'a pas été fait état de pénuries), on ne pourrait pas affirmer la même chose pour les structures du C.E.N. La rotation du personnel y est assez forte et, en l'absence d'un programme général précis, il est plus difficile de dire si les effectifs actuels sont adéquats.

Globalement, la proportion d'universitaires est légèrement plus élevée dans le secteur privé qu'au C.E.N. mais, parmi ceux-ci, la concentration d'ingénieurs civils n'est que de 46,5 % au C.E.N. pour 77,4 % dans le secteur privé.

Pour les autres niveaux, deux remarques seulement sont à formuler.

Les techniciens A.2 pour les industries nucléaires sont peut-être sous-représentés: cela tient au caractère récent de ce type de formation technique spécialisée. Le pourcentage plus élevé de diplômés B. 1, dans le secteur privé, reflète sans doute le fait que les dessinateurs des bureaux d'études et des entreprises sont plus âgés: il s'agit souvent d'un personnel qui a suivi des cours supplémentaires en travaillant.

La procédure de recrutement du C.E.N. expliquerait, d'autre part, le nombre relatif plus élevé de diplômés A.2, ceux-ci étant généralement engagés au sortir de l'école.

Il est difficile de tirer des conclusions sur les rapports numériques entre universitaires, ingénieurs techniciens et techniciens: la variété des activités couvertes est trop grande pour que les rapports puissent réellement servir de guide dans les estimations de besoins. Un universitaire serait assisté d'un technicien spécialisé, au C.E.N.; dans le secteur privé, l'inclusion des bureaux d'études parmi des activités métallurgiques, chimiques ou de construction d'équipement, entre autres, rend le rapport sans signification.

3.- La situation actuelle de l'emploi dans les groupes 1 et 2: CEN et secteur privé.

3.1 - Les grands niveaux de l'emploi qualifié.

On traitera conjointement l'inventaire de l'emploi du CEN et du secteur privé, ces deux groupes permettant jusqu'à un certain point, vu leurs activités, des comparaisons de structures de l'emploi qualifié. Le détail de la nature des activités du secteur privé belge (groupe 2) est donné dans l'annexe 3.

Au 30 juin 1963, date du recensement des données de l'enquête, la population active engagée dans des activités nucléaires, pour les groupes 1 et 2, s'élevait à 2.042 personnes. Dans celle-ci, on distingue 346 universitaires et 180 ingénieurs techniciens.

TABLEAU N° 2 - Répartition globale du personnel des groupes 1 et 2, par grands niveaux de formation.

Niveaux de formation	Groupe 1			Groupe 2			Totaux	
	C.E.N.			Secteur privé			N	%
	N	verti- cal	hori- zontal	N	verti- cal	hori- zontal		
Universitaires	187	15,5	54,1	159	19,0	45,9	346	16,9
Ingénieurs-techniciens	122	10,1	67,8	58	6,9	32,2	180	8,8
Techniciens A.2 des industries nucléaires	36	3,0	54,5	30	3,6	45,5	66	3,2
Sous-total 1	345	28,6	58,3	247	29,5	41,7	592	29,0
Techniciens A.2 d'autres orientations	130	10,8	76,5	40	4,8	23,5	170	8,3
Techniciens B.1	43	3,6	37,4	72	8,6	62,6	115	5,6
Sous-total 2	518	43,0		359	42,9		877	42,9
Autres formations (1)	687	57,0	59,0	478	57,1	41,0	1165	57,0
TOTAL GENERAL	1205	100,0	52,0	837	100,0	41,0	2042	100,0

(1) La ventilation de cette rubrique est donnée plus loin au tableau n° 3.

Tableau n° 1.

Répartition globale du personnel 1963, par grands niveaux de formation.

Niveaux de formation	Groupe 1			Groupe 2			Groupe 3									TOTAL GENERAL	
	C E N			Secteur privé			Universités			Instituts Agronomiques			I. I. S. N.				
	N	%		N	%		N	%		N	%		N	%		N	%
		vert.	horiz.		vert.	horiz.		vert.	horiz.		vert.	horiz.		vert.	horiz.		
Universitaires	187	15,5	34,2	159	19,0	29,1	63	60,0	11,5	17	58,6	3,1	121	87,1	22,1	547	23,6
Ingénieurs-techniciens	122	10,1	59,8	58	6,9	28,4	3	2,9	1,5	4	13,8	2,0	17	12,2	8,3	204	8,8
Techniciens A2 des industries nucl.	36	3,0	49,3	30	3,6	41,1	6	5,7	8,2	-	-	-	1	0,7	1,4	73	3,1
Techniciens A2 d'autres orientations	130	10,8	61,6	40	4,8	19,0	33	31,4	15,6	8	27,6	3,8	-	-	-	211	9,1
Techniciens B1	43	3,6	37,4	72	8,6	62,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	115	5,0
Autres formations	687	57,0	59,0	478	57,1	41,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1165	50,3
Total gén.	1205	100,0	52,0	837	100,0	36,2	105	100,0	4,5	29	100,0	1,2	139	100,0	6,0	2315	100,0

spécialisées effectuées, finalement par les stages et autres formes d'enseignement ou d'expérience du métier, la mise en pratique des connaissances acquises intervenant en plus.

2.- La situation actuelle de l'emploi dans le secteur nucléaire.

Etant donné les caractéristiques assez différentes de l'emploi, tant dans les activités exercées que dans les modes de recrutement, que dans les statuts du personnel, nous avons divisé la présentation des résultats de l'inventaire de l'emploi spécialisé en trois groupes:

Le Groupe 1 représente le C.E.N. (Centre d'Etude de l'Energie Nucléaire), établissement d'utilité publique depuis 1957, qui est à la fois centre de recherches, fondamentale et appliquée.

Le Groupe 2 représente les bureaux d'études et de développement privés, ainsi que les entreprises privées ayant des activités nucléaires, de recherche, d'application ou de contrôle.

et le Groupe 3 représente les établissements universitaires ou assimilés.

On n'a pas repris dans l'inventaire le personnel des administrations publiques (Commissariat à l'Energie Atomique, par exemple) ou de certains groupes privés ayant des activités de coordination, d'information ou de défense des intérêts de leurs membres. Dans l'ensemble, le personnel ayant des qualifications nucléaires spécifiques y est rare et ne semble pas devoir évoluer de façon significative dans les années qui viennent.

Une classification plus poussée tenant compte des divers types d'activités n'aurait pas permis de conserver l'anonymat des réponses du secteur privé.

L'ETUDE DE L'EMPLOI.1.- Définition du personnel nucléaire.

La première démarche qui s'impose au statisticien est de fixer et de définir les unités qu'il entend dénombrer.

Si l'on peut définir le personnel nucléaire comme suit :

" Toute personne travaillant à des tâches relatives à l'utilisation pratique ou théorique des propriétés des métaux fissiles ou à la conception ou à la construction des matériels et équipements destinés de manière spécifique à l'exploitation des propriétés de ces métaux ", cette définition ne rencontre pas exactement les exigences de notre recensement. Les unités à recenser sont des diplômés, plus ou moins spécialisés et encore faut-il que la fraction de temps qu'elles consacrent à des activités typiquement nucléaires ne soit pas négligeable.

C'est finalement le compte " formation - fonction exercée " qui a été retenu comme critère de classement d'un individu parmi le personnel à qualification nucléaire, de niveau égal ou supérieur à celui de technicien, la prévision des besoins ne devant porter que sur les catégories supérieures de personnel.

Ce choix a été également inspiré par l'article 2 de la directive du 5 mars 1962 sur " le libre accès aux emplois qualifiés dans le domaine nucléaire ", qui définit les emplois qualifiés dans ce domaine (1).

Pour la présentation de l'inventaire, on s'est contenté de donner les renseignements bruts recueillis, sans aucune transformation. De la sorte, le lecteur du rapport sera à même d'effectuer, s'il le désire, d'autres calculs prévisionnels sur base d'hypothèses de travail différentes.

Il faut encore ajouter que la définition du " personnel nucléaire " présente plus d'intérêt dans les organismes et entreprises ayant des activités mixtes que dans ceux qui s'adonnent exclusivement à la recherche (fondamentale ou appliquée). Dans le cas de ces derniers, de par leurs activités propres, on pourrait éventuellement dire que la majorité de leur personnel qualifié doit avoir une formation nucléaire, principale ou accessoire. En résumé, la qualification du personnel employé dans le secteur sous revue sera déterminée d'abord par les études de base sanctionnées par un diplôme, ensuite par les études complémentaires

(1) "Directive sur le libre accès aux emplois qualifiés dans le domaine nucléaire" cf. Journal Officiel des Communautés Européennes, 5e année n° 57, 9 juillet 1962 - pages 1650/62 à 1952/62.

Dans l'ensemble, les retards enregistrés lors de l'enquête tiennent au fait que bon nombre de directeurs de départements nucléaires, chargés de transmettre les réponses, étaient fréquemment en déplacement à l'étranger et qu'il a souvent fallu attendre longtemps avant de voir le dossier transmis.

Sur le plan du questionnaire, la plupart des rubriques ont donné des résultats satisfaisants, sauf celles consacrées aux dépenses. D'autre part, certaines difficultés sont apparues en ce qui concerne la prévision de main-d'oeuvre hautement qualifiée, en raison de la jeunesse même du secteur nucléaire. Les perspectives d'avenir, recueillies de divers côtés, ne sont pas toujours concordantes et d'autres hypothèses de développement seront sans doute encore formulées dans les années qui viennent.

La représentativité du recensement effectué peut être considérée comme très satisfaisante. Seules, quelques unités du secteur " Enseignement supérieur " n'ont pas répondu à notre demande pour différentes raisons, étrangères à l'acceptation du principe même de l'enquête (1). Pour le secteur privé, toutes les entreprises ayant effectivement des activités importantes dans le domaine nucléaire ont participé à l'enquête.

On trouvera la liste des unités répondant à la classification statistique retenue, ayant participé à l'enquête à l'annexe 2.

(1) Notamment le Laboratoire de Géologie et de Géochimie Nucléaires et le Laboratoire de Chimie Nucléaire de l'Université Libre de Bruxelles.

3. LA CHRONOLOGIE DE L'ENQUETE.

L'enquête débuta en février 1963 et fut clôturée en mars 1964. Les premières unités recensées ont été choisies parmi celles dont les activités étaient exclusivement nucléaires, de façon à pouvoir ainsi profiter de l'expérience de spécialistes, pour faciliter et éclairer la suite de la recherche.

A cet égard, le Centre d'Etude de l'Energie Nucléaire à Mol fut le premier établissement où les enquêteurs procédèrent au relevé du personnel et des activités nucléaires.

Pour le secteur des entreprises privées, le Groupement Professionnel de l'Industrie Nucléaire organisa, en date du 1er avril 1963, une séance d'information où les chercheurs de l'Institut de Sociologie eurent l'occasion d'exposer les objectifs de l'enquête.

Les visites se déroulèrent normalement, d'avril 1963 à septembre 1963, et l'ensemble des données de ce secteur furent réunies à la fin du mois de novembre 1963. La procédure suivie fut la suivante :

- 1.- Un premier entretien eût lieu, dans chaque entreprise, avec le responsable des activités nucléaires; le questionnaire fut expliqué et une première série d'avis, notamment sur la formation professionnelle, furent recueillis.
- 2.- Un second entretien eût lieu peu après, une fois les questionnaires rentrés, pour assurer la mise au point définitive.

Pour le secteur " Universités et Etablissements d'Enseignement Supérieur", l'enquête ne put démarrer qu'au début du mois d'octobre 1963, en raison de l'interruption partielle des activités, due aux vacances académiques.

Le recensement dans ce secteur constitua la seconde phase de la collecte et il fut seulement terminé en mars 1964, certains établissements d'enseignement supérieur ayant nécessité plusieurs visites et de nombreux rappels.

- 3.- les entreprises de production et de traitement des combustibles nucléaires et de leurs sous-produits, ainsi que des matériaux et produits spéciaux de qualité nucléaire.
- 4.- les entreprises fabriquant des pièces et équipements destinés aux réacteurs nucléaires, à la fabrication des combustibles, à des laboratoires "chauds", au traitement des combustibles irradiés et des déchets, des équipements de protection, de détection et de contrôle des radiations.
Il s'agit, d'une manière générale, d'entreprises fabriquant des équipements et des appareils spécifiquement destinés à des applications nucléaires, qui répondent à des exigences spéciales concernant la radioactivité, la résistance à la corrosion et à l'irradiation, l'exploitation et l'entretien à distance, ou qui sont des conditions de fonctionnement particulières.
En sont exclus: les équipements et appareils qui, bien qu'utilisés dans le domaine atomique, ne sont pas spécialement élaborés pour des applications nucléaires.
- 5.- les institutions et organismes chargés du contrôle et de la protection contre la radioactivité.

Le questionnaire (texte complet en annexe " annexe 1 ") a été établi avec la collaboration des services de la Communauté Européenne de l'Energie Atomique. Il se compose de deux éléments distincts:

- 1°) une partie générale concernant les activités nucléaires, actuelles et prévues, l'emploi total, la structure de l'emploi subalterne, les remarques et suggestions sur les formations nucléaires dispensées, le tableau de recrutement et les dépenses de l'unité statistique recensée;
- 2°) une série de fiches individuelles pour le personnel de formation:
 - universitaire,
 - technique supérieure (1)
 - technique secondaire du degré supérieur (1)

(1) Suivant les normes belges, c'est-à-dire du niveau A.1 ou assimilés pour le Technique Supérieur et de niveau A.2 ou assimilés pour le Technique Secondaire Supérieur.

CHAPITRE I.L'ENQUETE-PILOTE BELGE ET SON DEROULEMENT.1.- Buts de l'enquête.

Indépendamment de l'orientation générale définie dans l'avant-propos, on peut considérer que l'enquête-pilote visait principalement à atteindre trois buts précis, consistant en:

- 1.- la mise au point d'une technique de collecte de l'information sur un domaine encore difficile à délimiter avec précision, susceptible d'être éventuellement utilisée plus tard, dans les autres pays membres de la Communauté;
- 2.- l'établissement de premières statistiques partielles de l'emploi nucléaire, limitées à la Belgique, mais dont les éléments pourront servir à améliorer la connaissance des structures quantitatives et qualitatives de la population active dans ce secteur particulier;
- 3.- la détermination du nombre optimum de spécialistes nucléaires que l'enseignement doit pouvoir fournir dans les prochaines années pour répondre aux besoins en personnel du secteur (accroissement d'effectifs et/ ou remplacement) et éviter de former aux disciplines nucléaires une quantité trop élevée de personnes, qui pourraient trouver ailleurs une meilleure utilisation.

2.- Champ de l'enquête et méthodologie.

L'enquête se limitait géographiquement au territoire belge et l'unité statistique à recenser a été déterminée en fonction des critères déjà retenus par l'Office des Statistiques des Communautés Européennes.

Les unités relevées dans le champ de l'enquête sont :

- 1.- les institutions ou bureaux d'études se livrant à la recherche nucléaire fondamentale, pure ou appliquée, ou travaillant à des projets de recherches en vue d'applications nucléaires.
- 2.- les institutions et entreprises de production d'énergie à partir de combustibles nucléaires.

le second Plan belge ne retient pas cette éventualité. Ceci entraîne, du côté des industriels, certaines hésitations et n'encourage certes pas les investissements dans le secteur nucléaire.

Par ailleurs, on doit se garder de la propension, naturelle, à exagérer ce que pourrait être la demande future en personnel spécialisé, si les problèmes de rentabilité économique des réacteurs de puissance étaient résolus.

Tout d'abord, le remplacement des centrales thermiques par des centrales nucléaires se fera progressivement. Ensuite, dans les nouvelles centrales nucléaires, les ingénieurs de formation classique continueront à jouer un rôle important, le personnel spécialisé étant relativement peu nombreux. L'adaptation des ingénieurs " classiques " ne semble pas devoir poser de difficultés graves, même pour des ingénieurs ayant quitté l'Université depuis plus de vingt années. Un simple complément de formation pourrait suffire, puisqu'ils auraient à s'occuper de la partie non nucléaire des centrales.

A ce propos, on peut souligner que déjà maintenant l'ingénieur de centrale se contente de diriger l'exploitation du matériel qui lui est confié; il ne le connaît plus dans tous les détails, et pour le gros entretien et les réparations, l'on fait généralement appel aux techniciens qui ont construit ce matériel. A fortiori, en serait-il de même dans les centrales nucléaires, ce qui viendrait réduire la demande en personnel hautement spécialisé, les constructeurs des centrales assumant les grosses interventions sur le matériel.

Ainsi, la demande future ne serait pas de nature à provoquer, dans la courte période, des tensions importantes sur le marché de l'emploi.

x

x

x

Agir autrement risquerait de provoquer au moment où l'on pourra enfin passer à une exploitation économique de l'énergie nucléaire, un retard dans la réalisation des objectifs.

Ce danger ne doit cependant pas être surestimé, car, en l'état actuel des choses, la spécialisation nucléaire semble encore pouvoir être acquise en un ou deux ans au maximum. Malgré sa valeur limitée par des contraintes et contingences de toutes sortes, la prévision servira néanmoins utilement à fixer un cadre de références minima, à définir la demande incompressible que l'on peut raisonnablement attendre, sauf à mettre le développement du secteur nucléaire en péril ou en veilleuse.

4.- L'évolution future et les perspectives de demande en personnel spécialisé à moyen terme.

Si l'emploi futur reste tributaire des résultats de la recherche, ceux-ci dépendant partiellement des moyens matériels dont elle disposera, l'estimation des besoins en personnel spécialisé se heurte encore à deux obstacles sérieux: le caractère incomplet des objectifs d'activités à atteindre en 1968 et la connaissance très imparfaite que l'on a actuellement de la mobilité professionnelle intra- et extra-sectorielle du personnel spécialisé nucléaire.

La mobilité intra-sectorielle n'est pas très grave; l'autre l'est davantage. Aussi longtemps que le démarrage du secteur nucléaire ne sera pas un fait accompli, elle sera favorisée par la relative instabilité de certaines carrières et par la limitation des promotions possibles ou probables. Ceci risque de provoquer une demande anormale en personnel spécialisé, un gaspillage de moyens de formation si les intéressés quittent le domaine des activités nucléaires, une baisse de rendement des institutions ou bureaux de recherches pendant la période de mise au courant des éléments de remplacement.

En ce qui concerne les objectifs d'activités à atteindre en 1968, la situation reste assez confuse.

Le Bureau de Programmation Economique, pour sa part, ne prévoit pas l'intervention, dans la consommation belge, de la production d'énergie nucléaire (mise à part celle du réacteur expérimental BR.3), en proportions significatives, avant 1970:

Si l'on y ajoute les commentaires recueillis au cours des interviews sur les desiderata des employeurs (institutions de recherche ou chefs d'entreprise), leurs vues relatives aux perspectives de développement de leurs activités nucléaires et les facteurs qui conditionnent celui-ci, si l'on introduit des considérations démographiques dans le raisonnement, si, enfin, l'on décèle déjà une évolution dans la distribution des différentes spécialisations à l'intérieur du secteur, en fonction des orientations prises, on voit qu'il est possible d'arriver à fixer des limites entre lesquelles les besoins additionnels en personnel scientifique et technique pourraient s'inscrire.

Il resterait à voir ensuite si, quantitativement et qualitativement, leur couverture serait assurée.

3.- Aspects psychologique du problème.

L'incertitude qui règne actuellement, non quant aux débouchés futurs dans le domaine des activités nucléaires, mais quant au moment où ces activités entreront véritablement dans le stade industriel, a des répercussions sur l'orientation des jeunes: scientifiques et ingénieurs sont attirés par l'intérêt des disciplines neuves, par le prestige dont elles sont parées, mais aussi s'inquiètent de leurs perspectives d'avenir immédiat.

Est-ce dans le domaine des activités plus classiques qu'ils ont le plus de chances de se réaliser?

Font-ils un bon calcul en s'orientant vers les sciences nucléaires?

Ne serait-il pas préférable, pour eux, de rester polyvalents, mais seraient-ils encore employables ultérieurement dans le secteur nucléaire?

Toutes ces questions se posent et la préparation de la relève ou de l'élargissement des effectifs actuellement engagés dans ce secteur dépendra des réponses que l'on pourra fournir.

Plus qu'ailleurs encore, c'est un domaine où il faut des cerveaux brillants et ceux-ci sont rares. Aussi, est-il souhaitable de les y attirer et de les y retenir en temps opportun. La démonstration ne doit plus être faite que dans de pareilles conditions il est indispensable que l'on procède, malgré les réserves à faire à leur égard, à des prévisions de demandes en personnel hautement qualifié et que, les ayant acceptées, après examen critique, l'on ouvre effectivement les postes prévus.

B.- Problèmes particuliers de la prévision de l'emploi dans le secteur nucléaire.

1.- Difficultés inhérentes à la prévision.

La prévision économique dans un secteur d'activité en plein développement scientifique et technologique où, jusqu'à présent, l'on a investi davantage dans des buts de recherche fondamentale et d'acquisition de know-how que pour des fins strictement lucratives, comporte de nombreuses difficultés.

Dans le domaine nucléaire, elle se complique encore du fait que, dans nos pays, l'utilisation pacifique de l'énergie atomique sur une grande échelle sera peut-être retardée par les récentes découvertes de nouvelles sources d'énergie fossile et que le problème de la protection contre les radiations agite encore toujours l'opinion publique, problème sans doute plus psychologique que réel mais qui a néanmoins des répercussions sociales et économiques.

En l'absence de bases économiques, le développement du secteur nucléaire ne peut donc provenir, dans une première étape que d'investissements et de dépenses de fonctionnement, d'origine privée ou publique, faits sans espoirs de rentabilité immédiate. A moyen terme (celui-ci étant relativement élastique), l'aboutissement heureux de quelques projets de développement et d'application actuellement à l'étude devrait permettre d'asseoir les prévisions sur des bases plus concrètes.

En d'autres termes, il faudra encore attendre quelques années pour que la détermination des besoins en personnel spécialisé puisse se faire à partir d'éléments plus certains.

2.- Utilité d'un inventaire de l'emploi actuel.

Cependant, dans l'intervalle, il est utile de faire le point et de tirer, de l'expérience d'un passé récent et du présent, certains enseignements qui pourront être utilisés plus tard.

L'inventaire du personnel qualifié actuellement en fonction dans le secteur nucléaire belge, que l'on trouvera dans ce rapport, participe de cette préoccupation. Sans vouloir en exagérer la portée, une meilleure connaissance des filières de formation spécialisée, de la répartition des diplômés dans les différentes activités, de leur rotation professionnelle, apporte déjà des éléments objectifs pour des prévisions ultérieures de besoins en personnel.

- Le CEN a formé, avec les organismes spécialisés de France et d'Italie, un pool de production et de vente des radioisotopes, s'intéressant plus particulièrement aux isotopes à usage biologique,
- Le retraitement des combustibles et l'élimination des déchets radioactifs. Tout en menant une activité de recherches générales dans le domaine nucléaire, le CEN s'intéresse au problème du retraitement des combustibles irradiés. Il dispose par ailleurs d'une installation de traitement des effluents radioactifs.

Dans le cadre de la coopération nucléaire internationale et à côté des liens de collaboration établis entre le CEN, d'une part, et, d'autre part, notamment l'UKAEA, le CNEN et le CEA, la Belgique a vu s'établir sur son territoire, à Mol, l'usine de la Société Européenne pour le traitement chimique des combustibles irradiés (EUROCHEMIC) qui associe elle-même cinq pays-membres d'Euratom et huit pays-membres de l'Agence Européenne de l'Energie Nucléaire.

Au cours des dernières années, les pouvoirs publics belges ont consacré des moyens financiers croissants à la promotion de l'énergie nucléaire. Les fonds publics alloués à cette fin sur le plan intérieur sont passés de 9 millions de dollars en 1961, à 10,6 en 1962, à 11,5 en 1963 et atteindront au moins 11,6 millions de dollars en 1964. Lorsque l'on ajoute à ces crédits les contributions belges aux organismes nucléaires européens et internationaux, le montant des fonds publics, ainsi alloués à la promotion nucléaire par la Belgique, atteint, en millions de dollars, les chiffres de 12,8 en 1961, 17,9 en 1962, 21,2 en 1963 et 22,8 en 1964.

Dans leurs grandes lignes, les réalisations de l'industrie nucléaire belge concernent les domaines suivants :

- des capacités relativement importantes de préparation des combustibles nucléaires et de fabrication d'éléments de combustibles ont été installées.
- un know-how technique et une expérience diversifiée ont été acquis par l'industrie de construction de réacteurs
 - de recherches: BR 1 à Mol
 - d'essai : BR 2 à Mol
 - d'enseignement: THETIS à l'Université de Gand
 - de production d'électricité à titre expérimental:
 - BR 3 à Mol
 ou à l'échelle industrielle, par la Centrale Nucléaire des Ardennes, d'une puissance de 266 MWe, qui est construite et sera exploitée conjointement par l'industrie belge et l'industrie française.
- un syndicat d'études intéressant le développement d'un réacteur de propulsion navale et d'une centrale de production d'électricité adaptée aux pays en voie de développement, a été constitué sous le nom de VULCAIN entre le CEN, une entreprise belge privée et l'Autorité Britannique de l'Energie Atomique (UKAEA). Le réacteur VENUS, construit à Mol, servira aux études physiques du projet VULCAIN. Le réacteur prototype BR 3 sera, pour sa part, utilisé pour les essais que comporte également le programme VULCAIN.

En ce qui concerne plus particulièrement les activités de recherches nucléaires, conduites essentiellement par le CEN de Mol, les lignes maitresses du programme belge sont constituées par:

- la réalisation du programme VULCAIN mentionnée précédemment,
- la préparation à la phase des réacteurs surgénérateurs à neutrons rapides. Dans ce cadre, le CEN participe, avec une entreprise belge, à des études et à des essais sur la préparation, la production et l'utilisation des combustibles à base de plutonium,
- la production et l'emploi des radioéléments,

I N T R O D U C T I O N

A.- L'évolution des activités nucléaires en Belgique.

La Belgique possède une industrie disposant d'une expérience de longue date dans le traitement des métaux non-ferreux spéciaux et pouvait, jusqu'à ces dernières années, bénéficier de sources propres pour son approvisionnement en uranium. Aussi, a-t-elle pu s'adapter rapidement à la production d'uranium, soit sous forme métallique, soit sous forme des composés usuels de ce métal, et prendre ainsi sa place, dès à l'issue de la guerre 1939 - 1945, dans le domaine nouveau des activités nucléaires.

En 1947, était créé l'Institut Universitaire de Physique Nucléaire qui, en 1951, fut érigé en établissement d'utilité publique et prit le nom d'Institut Interuniversitaire des Sciences Nucléaires.

En cette même année 1951, était créé le Commissariat à l'Energie Atomique, dont la mission est de coordonner les diverses activités et de promouvoir les initiatives du domaine nucléaire. Le Centre d'Etudes pour les Applications de l'Energie Nucléaire fut fondé en 1952 dans le but de mettre à la disposition de la science et de l'industrie un laboratoire national permettant de réaliser toutes recherches en matière nucléaire et d'assurer la formation de spécialistes dans les différentes disciplines nucléaires.

Des initiatives privées furent ensuite prises afin de passer au stade des réalisations pratiques. Ces initiatives concernaient les problèmes de la construction des réacteurs, de la production des matières fissiles et des productions annexes, ainsi que la construction et l'exploitation de centrales nucléaires de production d'énergie électrique. C'est ainsi que virent le jour, le Syndicat d'Etudes des Centrales Atomiques (SYCA), le Bureau d'Etudes Nucléaires (BEN), la Belgonucléaire, la Société Métallurgie et Mécanique Nucléaires (MMN).

L'ensemble des intérêts du secteur privé se trouve rassemblé au sein du Groupement Professionnel de l'Industrie Nucléaire qui assure la représentation des entreprises nucléaires vis-à-vis des autorités nationales et internationales, ainsi que la défense et la promotion de ce secteur d'activités.

L'enquête a pu être réalisée grâce à la bienveillante collaboration de la Commission de la Communauté Européenne de l'Energie Atomique, du Commissariat à l'Energie Atomique, du Groupement Professionnel de l'Industrie Nucléaire et des entreprises qui y sont affiliées, des Universités et Etablissements d'Enseignement Supérieur et de l'Institut Interuniversitaire Belge des Sciences Nucléaires (1).

Nos plus vifs remerciements vont à tous ces organismes et institutions, sans lesquels les travaux n'auraient pu être efficacement menés, ainsi qu'à Monsieur le Professeur J. ERRERA, Commissaire belge à l'Energie Atomique et à feu Monsieur le Professeur M. MASOIN, Président du Groupement Professionnel Belge de l'Industrie Nucléaire et de la Fondation Nucléaire, dont les conseils furent particulièrement précieux pour la réalisation de cette étude.

x

x

x

(1) On trouvera la liste détaillée des participants à l'enquête à l'annexe n° 2.

AVANT-PROPOS.

Il faut désormais tenir compte des besoins nouveaux créés en matière de personnel spécialisé par le développement des activités nucléaires, dans l'établissement de toute politique de personnel scientifique et technique.

L'expansion du secteur nucléaire dépend, certes, des progrès de la recherche fondamentale mais, plus encore, de l'extension des recherches appliquées ou de développement. De toute manière, cette évolution ne s'accomplira harmonieusement qu'en fonction de la quantité et de la qualité de capital humain que l'on voudra bien y consacrer.

Cette préoccupation s'est déjà traduite dans les faits, par l'importance accordée à la formation du personnel nucléaire, dans le cadre des activités actuelles:

- 1) sur le plan belge notamment, l'utilisation du réacteur BR. 3 permet aux industriels de se familiariser avec les techniques particulières de fonctionnement d'une centrale atomique et contribue à la formation de techniciens se destinant aux activités nucléaires;
- 2) le souci de faciliter la constitution du capital humain nécessaire à ce nouveau secteur de l'économie s'est traduit par des propositions visant à harmoniser les enseignements nucléaires du niveau technique (1), ceci aux fins d'assurer, dans ce domaine, une polyvalence " européenne " aux techniciens de haut niveau.

La préparation de cette politique de l'emploi nucléaire nécessite une première analyse des structures actuelles, pour réunir les données particulières à ce secteur et pour acquérir une vue, aussi complète que possible, du marché des emplois qualifiés du domaine nucléaire.

C'est dans cette optique que la Commission de la Communauté Européenne de l'Energie Atomique a bien voulu confier à l'Institut de Sociologie de l'Université Libre de Bruxelles, la réalisation en Belgique d'une enquête-pilote sur les besoins quantitatifs et qualitatifs des industries et de la recherche nucléaire en personnel scientifique et technique qualifié.

(1) Commission de la C.E.E.A. - Harmonisation des enseignements nucléaires au niveau technique. Brochure d'information, N° oFF/ 1249/R, 40 pages.

CHAPITRE II (suite N° 3)

- 4.4.8. Le temps consacré par le personnel de l'I.I.S.N. aux activités nucléaires. 59
- 4.4.9. La formation complémentaire nucléaire du personnel de l'I.I.S.N. 59

CHAPITRE III

<u>Prévision de la demande en personnel spécialisé pour la période quinquennale 1964 - 1968.</u>	60 - 76
1. Considérations sur les facteurs pouvant conditionner l'évolution de l'emploi.	60 - 62
2. Estimation de la demande future en personnel spécialisé.	62
2.1. Estimation de la demande 1964-1968 en personnel spécialisé dans le secteur privé.	62 - 63
2.1.1. Estimation de la demande 1964-1968 en personnel spécialisé suivant la méthode " subjective "	63 - 64
2.1.2. Estimation de la demande 1964-1968 en personnel spécialisé par projection de l'évolution passée de l'emploi.	64 - 67
2.1.3. Comparaisons des prévisions selon les deux méthodes retenues.	68 - 71
2.2. Estimation de la demande 1964-1968 en personnel spécialisé au C.E.N.	71 - 73
2.3. Estimation de la demande 1964-1968 en personnel spécialisé dans l'enseignement supérieur et la recherche scientifique au sein des Universités et établissements y assimilés.	74 - 75
2.4. Tableau récapitulatif des prévisions de recrutement ou des besoins en personnel spécialisé pour le secteur nucléaire pour la période 1964-1968.	76
<u>CHAPITRE IV</u> CONCLUSIONS.	77 - 79

CHAPITRE II (suite N° 2)

4.3. Analyse détaillée du personnel des Instituts Agronomiques.	47
4.3.1. Répartition du personnel des Instituts Agronomiques par niveaux de formation et par sexe.	47
4.3.2. Répartition du personnel des Instituts Agronomiques par niveaux de formation et par âge.	48
4.3.3. Répartition du personnel des Instituts Agronomiques par niveaux de formation et par ancienneté dans le secteur.	49 - 50
4.3.4. Répartition du personnel des Instituts Agronomiques par niveaux de formation et par genre d'activités.	51
4.3.5. Répartition du personnel des Instituts Agronomiques, selon la fonction exercée et le temps consacré aux activités nucléaires.	52
4.4. Analyse détaillée du personnel de l'Institut Interuniversitaire des Sciences Nucléaires. (I.I.S.N.)	52 - 53
4.4.1. Répartition du personnel de l'I.I.S.N. par niveaux de formation et par sexe.	53
4.4.2. Répartition du personnel de l'I.I.S.N. par niveaux de formation et par nationalité.	54
4.4.3. Répartition du personnel de l'I.I.S.N. par niveaux de formation et par âge.	55
4.4.4. Répartition du personnel de l'I.I.S.N. par niveaux de formation et par ancienneté dans le secteur.	56
4.4.5. Répartition du personnel de l'I.I.S.N. par niveaux de formation et par établissement au sein duquel ce personnel travaille.	57
4.4.6. Répartition du personnel de l'I.I.S.N. par fonction et par établissement au sein duquel ce personnel travaille.	58
4.4.7. Répartition du personnel de l'I.I.S.N. par fonction et par année d'obtention du diplôme de base.	58

	<u>Pages</u>
<u>CHAPITRE II</u> (suite N° 1)	
3.2.3. Répartition du personnel spécialisé des groupes 1 et 2 par niveaux de formation et par âge.	24 - 25
3.2.4. Répartition du personnel spécialisé des groupes 1 et 2 par niveaux de formation et par ancienneté dans le secteur.	26 - 27
3.2.5. Répartition du personnel spécialisé des groupes 1 et 2 par niveaux de formation et suivant la formation complémentaire reçue.	27 - 29
3.2.6. Répartition du personnel universitaire et spécialisé des groupes 1 et 2 par type de diplôme et par genre activités.	29 - 34
3.2.7. Le temps consacré par le personnel spécialisé des groupes 1 et 2 à des activités non nucléaires.	35
4. La situation actuelle de l'emploi dans le groupe 3: l'enseignement supérieur et la recherche scientifique au sein des Universités et établissements y assimilés.	35
4.1. Les grands niveaux de l'emploi qualifié	35 - 36
4.2. Analyse détaillée du personnel des Universités.	36
4.2.1. Répartition du personnel des Universités par niveaux de formation et par sexe.	37
4.2.2. Répartition du personnel des Universités par niveaux de formation et par nationalité.	37
4.2.3. Répartition du personnel des Universités par niveaux de formation et par âge.	38 - 39
4.2.4. Répartition du personnel des Universités par niveaux de formation et par ancienneté dans le secteur.	40 - 41
4.2.5. Répartition du personnel spécialisé des Universités par niveaux de formation et par genre d'activités.	42 - 46
4.2.6. La formation complémentaire nucléaire suivie par le personnel des Universités.	46 - 47

TABLE DES MATIERES

	<u>Pages</u>
<u>AVANT-PROPOS.</u>	1 - 2
<u>INTRODUCTION.</u>	
A. L'évolution des activités nucléaires en Belgique.	3 - 5
B. Problèmes particuliers de la prévision de l'emploi dans le secteur nucléaire.	6 - 9
1. Difficultés inhérentes à la prévision.	6
2. Utilité d'un inventaire de l'emploi actuel.	6 - 7
3. Aspects psychologiques du problème.	7 - 8
4. L'évolution future et les perspectives de demande en personnel spécialisé à moyen terme.	8 - 9
 <u>CHAPITRE I.</u>	
L'enquête-pilote belge et son déroulement.	10 - 13
1. Buts de l'enquête.	10
2. Champ de l'enquête et méthodologie.	10 - 11
3. La Chronologie de l'enquête.	12 - 13
 <u>CHAPITRE II.</u>	
L'étude de l'emploi.	14 - 59
1. Définition du personnel nucléaire.	14 - 15
2. La situation actuelle de l'emploi dans le secteur nucléaire.	15 - 16
3. La situation actuelle de l'emploi dans les groupes 1 et 2: CEN et secteur privé.	17
3.1. Les grands niveaux de l'emploi qualifié.	17 - 20
3.2. Analyse détaillée de l'emploi	20
3.2.1. Répartition du personnel des groupes 1 et 2 par niveaux de formation et par sexe.	21
3.2.2. Répartition du personnel des groupes 1 et 2 par niveaux de formation et par nationalité.	22 - 23

Manuscrit reçu le 29 septembre 1964.

EUR 2206.f

COMMUNAUTE EUROPEENNE DE L'ENERGIE ATOMIQUE - EURATOM

ENQUETE-PILOTE SUR LA QUALIFICATION
ET LES BESOINS EN PERSONNEL
SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE QUALIFIE
DANS LE SECTEUR DES ACTIVITES
NUCLEAIRES EN BELGIQUE

1964



Rapport établi par l'Institut de Sociologie
de l'Université Libre de Bruxelles - U.L.B. - Belgique

Contrat Euratom N° 015-63-1 ECIB

AVERTISSEMENT

Le présent document a été élaboré sous les auspices de la Commission de la Communauté Européenne de l'Energie Atomique (EURATOM).

Il est précisé que la Commission d'EURATOM, ses cocontractants ou toute personne agissant en leur nom :

- 1° — Ne garantissent pas l'exactitude ou le caractère complet des informations contenues dans ce document, ni que l'utilisation d'une information, d'un équipement, d'une méthode ou d'un procédé décrit dans le présent document ne portent pas atteinte à des droits privatifs.
- 2° — N'assument aucune responsabilité pour les dommages qui pourraient résulter de l'utilisation d'informations, d'équipements, de méthodes ou procédés divulgués dans le présent document.

Ce rapport est vendu au prix de 125,— francs belges, sur demande adressée à : PRESSES ACADEMIQUES EUROPEENNES — 98, Chaussée de Charleroi, Bruxelles 6.

Le paiement se fait par versement à :

- la BANQUE DE LA SOCIETE GENERALE (Agence Ma Campagne) - Bruxelles - compte N° 964.558,
- la BELGIAN AMERICAN BANK AND TRUST COMPANY - New York - compte N° 22.186,
- la LLOYDS BANK (Europe) Ltd. - 10 Moorgate, London E.C.2,

en mentionnant la référence : « EUR 2206.f — ENQUETE-PILOTE SUR LA QUALIFICATION ET LES BESOINS EN PERSONNEL SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE QUALIFIE DANS LE SECTEUR DES ACTIVITES NUCLEAIRES EN BELGIQUE ».

Ce document a été reproduit à partir de la meilleure copie disponible.

EUR 2206.f

COMMUNAUTE EUROPEENNE DE L'ENERGIE ATOMIQUE - EURATOM

ENQUETE-PILOTE SUR LA QUALIFICATION
ET LES BESOINS EN PERSONNEL
SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE QUALIFIE
DANS LE SECTEUR DES ACTIVITES
NUCLEAIRES EN BELGIQUE

1964



Rapport établi par l'Institut de Sociologie
de l'Université Libre de Bruxelles - U.L.B. - Belgique

Contrat Euratom N° 015-63-1 ECIB