

<b>Zeitschrift:</b>	Schweizerische Bauzeitung
<b>Herausgeber:</b>	Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
<b>Band:</b>	84 (1966)
<b>Heft:</b>	23
<b>Artikel:</b>	Quelques aspects de la promotion de la recherche et de la formation des ingénieurs aux USA
<b>Autor:</b>	Cuénod, Michel
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-68933">https://doi.org/10.5169/seals-68933</a>

### **Nutzungsbedingungen**

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

### **Conditions d'utilisation**

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

### **Terms of use**

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

**Download PDF:** 23.02.2026

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

#### 4. Diagramm zur Ermittlung der kritischen Tiefe beim Kreisprofil (Diagramm IV)

Die Kenntnis der kritischen Tiefe  $h_k$  ist für viele Sonderaufgaben der Hydraulik von Bedeutung. Vor allem ist man alsdann in der Lage zu beurteilen, ob der Abfluss strömend oder schiessend erfolgt und welcher Art der Übergang von einem Profil zum andern sein wird. Auch bei der Dimensionierung von Regenentlastungsbauwerken gestaltet die Kenntnis von  $h_k$  eine rasche Orientierung. Ihre Ermittlung bei Kreis- und Eiprofilen ist aber zeitraubend und umständlich.

Wohl lässt sich für Kreisprofile eine analytische Behandlung des Problems durchführen, wenn als unabhängige Variable der Füllungswinkel in Ansatz gebracht wird [3].

Um die Arbeit zu erleichtern, wurde das Diagramm IV aufgestellt, in welchem für das Kreisprofil  $D = 100$  cm die kritische Tiefe  $h_k$  und ihre zugehörige Geschwindigkeit  $v_k$  in Funktion der Wassermenge  $Q$  aufgetragen sind. Um die kritische Tiefe für andere Kaliber zu bestimmen, verwendet man die auf Grund des Froudeschen Ähnlich-

Tabelle 1.

Umrechnungsfaktoren		Leitung $D = 100$ cm, $D' = 30$ cm
Wassermenge in l/s	$q^{5/2} = \frac{Q}{Q'} = 20,30$	$Q = 1420 \quad Q' = 70$
Kritische Tiefe in cm	$q = \frac{h_k}{h'_k} = \frac{D}{D'} = 3,33 \quad h_k = 68,5 \quad h'_k = 20,6$	
Krit. Geschwindigkeit in m/s	$q^{\frac{1}{2}} = \frac{v_k}{v'_k} = 1,826 \quad v_k = 2,44 \quad v'_k = 1,34$	

keitsgesetzes [4] abgeleiteten, im Diagramm tabellarisch zusammengestellten Umrechnungsfaktoren.

#### Beispiel:

Wie gross ist die kritische Tiefe  $h'_k$  in einem Kreisrohr  $D' = 30$  cm bei einer Wassermenge  $Q' = 70$  l/s (siehe Tabelle 1).

#### Literatur-Verzeichnis

Ein Stern bei der Seitenzahl bedeutet, dass der betreffende Aufsatz Abbildungen enthält.

- [1] Hoeck, E.: Druckverluste in Druckleitungen grosser Kraftwerke. Mitteilung No. 3 der Versuchsanstalt für Wasserbau an der ETH.
- [2] Kropf, A.: Dimensionierung von Kanalisationen. «Schweiz. Bauzeitung» Bd. 125, Nr. 19, S. 229\* (12. Mai 1945).
- [3] Meyer-Peter, E.: Neue Berechnungsmethoden aus dem Gebiete der Hydraulik. «Schweiz. Bauzeitung», Bd. 84, Nr. 1 und 2, S. 1\* und 15\* (1924).
- [4] Meyer-Peter, E. und Favre, H.: Der wasserbauliche Modellversuch im Dienste der Wasserkraftnutzung und der Flusskorrektion. Festschrift: Die ETH dem S.I.A. zur Jahrhundertfeier. Zürich 1937.
- [5] Nikuradse, J.: Widerstandsgesetz und Geschwindigkeitsverteilung von turbulenten Wasserströmungen in glatten und rauen Rohren. Verh. des intern. Kongresses für technische Mechanik, Stockholm 1930.
- [6] Strickler, A.: Beiträge zur Frage der Geschwindigkeitsformel und der Rauhigkeitszahlen für Ströme, Kanäle und geschlossene Leitungen. Mitt. des Amtes für Wasserwirtschaft 1923 und «Schweiz. Bauzeitung», Bd. 83, Nr. 23, S. 265\* (1924).
- [7] v. Bülow: «Gesundheitsingenieur», Jg. 31.

Adresse des Verfassers: André Kropf, dipl. Bau-Ing., 8001 Zürich, Waldmannstrasse 10.

## Quelques aspects de la promotion de la recherche et de la formation des ingénieurs aux USA

DK 001.891:37:62.007.2

Par Michel Cuénod, ing. él. dipl. EPF, Dr sc. techn., Gainesville, Florida, USA

«From contemplation one may become wise, but knowledge comes only from study» (Newton)

### 1. Introduction

De tout temps la recherche et le progrès technique qui en est la conséquence ont eu une influence prépondérante sur le développement économique d'une société; cela est vrai en particulier aujourd'hui où le progrès technique prend une allure toujours plus rapide.

Ce qui est nouveau, c'est l'ampleur croissante des investissements que nécessite la recherche, et les méthodes de travail qu'elle utilise et qui font de plus en plus appel à un effort collectif.

On faisait autrefois la distinction entre la «*recherche pure*» conduisant à une connaissance toujours plus poussée du monde, et la «*recherche appliquée*» concernant l'utilisation de ces connaissances pour une fin pratique. Cette distinction paraît aujourd'hui artificielle, car il devient difficile de dire à quel moment une recherche cesse d'être «pure» pour devenir «appliquée».

L'une et l'autre sont vitales pour l'avenir d'un pays, et leur promotion est un problème d'intérêt national. On peut en effet constater une corrélation entre les investissements d'un pays dans la recherche et l'accroissement de son revenu national. Ce problème est étroitement lié à celui de la *formation des chercheurs* et de tous ceux qui ont à utiliser et à promouvoir la technique, et cela pour une double raison:

- parce que les compétences des chercheurs dépendent étroitement de l'entraînement qu'ils ont reçu et des connaissances qu'ils ont acquises.
- parce qu'une partie de la recherche se fait dans le cadre des Universités et Instituts universitaires.

Cette combinaison de recherche et d'enseignement est une des conditions essentielles de l'efficacité de cet enseignement.

La promotion de la recherche et la formation des chercheurs dépendent de quatre instances:

- l'Etat
- l'Industrie
- les Universités
- les chercheurs.

Dans le cadre de ce numéro spécial qui est dédié à un maître qui a consacré sa vie à la recherche et à la formation des ingénieurs, nous nous proposons de donner un aperçu de la façon dont ces quatre instances collaborent aux Etats-Unis, en nous basant sur l'expérience de près de deux ans d'enseignement dans une Université américaine et sur une abondante documentation qui a été mise à notre disposition.

Dans une deuxième partie, nous tâcherons de dégager quelques unes des conclusions que l'on peut en tirer pour la Suisse.

### 2. Besoin des Etats-Unis en ingénieurs et en chercheurs

Le tableau 1 donne la répartition des ingénieurs et hommes de science aux USA telle qu'elle se présentait en 1963, et telle qu'elle est prévue pour 1970 [1].

Nous voyons que le nombre des ingénieurs et hommes de science devra dépasser 2 millions à ce moment et l'augmentation de 50% que cela représente est plus forte que l'accroissement prévu de la population.

Le tableau 2 donne le nombre des ingénieurs qui ont été diplômés pendant l'année académique 1962-1963, ainsi que le nombre total des degrés académiques qui ont été délivrés cette année-là aux USA [2]. Nous voyons que les diplômes d'ingénieurs constituent le 8% du nombre total de ces diplômes. Environ 20% des jeunes Américains accèdent aux études supérieures.

### 3. Contribution de l'Etat à la promotion de la recherche

Les Etats-Unis sont profondément attachés au principe de l'économie libérale. Contrairement à ce qui se passe dans les pays de l'est, dans lesquels la recherche est effectuée presque exclusivement dans des laboratoires et instituts étatiques, la recherche aux USA est réalisée en majorité dans des entreprises privées, mais avec le soutien de l'Etat. Voici quelques indications concernant les organismes dont dispose le gouvernement américain pour remplir cette tâche, et le soutien qu'il apporte à l'industrie, aux universités et aux étudiants.

Pour orienter sa politique en matière de recherche, le gouvernement américain a mis au point un mécanisme très complexe [3 à 5].

Tout d'abord, le Président des USA s'entoure des avis d'un «President's special assistant for Science and Technology», et d'un «President's Science Advisory Committee» (PASC).

La liaison entre les agences gouvernementales spécialisées et le gouvernement est assurée par le «Federal Council for Science and

Technology» qui a été constitué en 1959. L'administration des contrats de recherche est confiée à l'«Office of Science and Technology», qui est un des organes du Congrès américain. La Chambre des Représentants dispose en outre d'un «Select Committee on Government Research» qui la renseigne et procède aux enquêtes voulues en vue de la détermination de sa politique scientifique.

Le budget du Gouvernement fédéral pour l'année 1966 prévoit, pour le soutien de la recherche un montant de près de 20 milliards de dollars soit environ le 20% de ce budget et le 3% du revenu national. En admettant que le coût moyen de l'emploi d'une personne participant à la recherche est d'environ 40 000 dollars par an, on peut en conclure que l'aide des pouvoirs publics assure la couverture de près de 500 000 personnes. A cela viennent s'ajouter les montants souvent importants attribués par le gouvernement des différents Etats. Les Etats-Unis sont quarante fois plus peuplés que la Suisse: à proportion égale, le soutien que le gouvernement américain apporte à la recherche correspondrait pour la Suisse à 2 milliards de francs suisses et à l'occupation de 12 500 chercheurs.

La répartition des crédits du gouvernement américain entre les domaines de la recherche est la suivante:

Défense Nationale	32%
Industrie et Recherche spatiale	26%
Agriculture	2%
Ressources naturelles	13%
Commerce et transport	14%
Education	2%
Santé, travail et urbanisme	11%

Total 100%

Certes la Défense Nationale constitue une part appréciable de ce montant, mais cette part n'est pas prépondérante, et les sommes consacrées à l'utilisation de l'énergie atomique, à la recherche spatiale, aux télécommunications, aux transports et à la mise en valeur des ressources naturelles sont également très importantes.

Le tableau 3 donne quelques indications sur la répartition des crédits par organisations gouvernementales et par objet. Nous voyons que les montants les plus importants sont attribués par l'intermédiaire du Département de la Défense, de la Commission pour l'Energie atomique et de l'Administration fédérale pour l'Astronautique.

Le tableau 4 donne une récapitulation des montants consacrés à la recherche industrielle pendant l'année 1963 et la part de l'aide en provenance du Gouvernement fédéral [6]. Nous voyons que près de 60% des dépenses entraînées par la recherche industrielle sont supportées par l'Etat. Cette proportion atteint presque 65% dans le domaine de l'électronique et des communications.

La responsabilité du Gouvernement américain dans la formation des cadres scientifiques du pays est reconnue de façon catégorique, ainsi que cela ressort de la déclaration suivante: «La quantité et la qualité de la recherche et de la formation des chercheurs aux USA dépendent en premier lieu du Gouvernement américain» [6]. C'est pourquoi, par l'intermédiaire d'organisations spécialisées, le gouvernement a adopté un programme étendu d'assistance pour l'éducation supérieure, ainsi que cela ressort du tableau 5 [7]. Nous voyons que sur un nombre total de 1 032 320 étudiants recensés en 1963, 232 288 ont reçu une aide fédérale, et que cette aide atteint en moyenne près de 1000 dollars par étudiant et par an. A cela viennent s'ajouter les bourses offertes par le gouvernement des différents Etats, par les Universités et par de nombreuses fondations publiques et privées. D'après une enquête qui a été faite récemment, la proportion

des étudiants dont les dépenses sont couvertes par des fonds publics est la suivante:

- 29% des étudiants ingénieurs
- 37% des étudiants en Science Physique
- 46% des étudiants en biologie.

#### 4. Contribution de l'industrie à la promotion de la recherche

Le soutien que donne l'industrie américaine à la recherche prend de multiples formes.

Tout d'abord le perfectionnement professionnel des ingénieurs pendant tout le cours de leur carrière est considéré comme une nécessité et comme une des conditions de leur avancement. La plupart des étudiants qui préparent leur «master degree» ou leur doctorat sont délégués et payés par leur entreprise. Comme nous le verrons dans le chapitre suivant, en prenant comme exemple l'Université de Floride, la plupart des universités organisent en étroite collaboration avec l'industrie des cours de perfectionnement et des séminaires pour ingénieurs de la pratique. D'autre part, les grandes entreprises comme IBM, General Electric, organisent des cours de perfectionnement auxquels des ingénieurs, même de rang élevé, sont astreints pendant des périodes pouvant aller jusqu'à six semaines et plus. De nombreuses entreprises offrent à des étudiants des subventions pour des recherches dans les domaines qui les intéressent particulièrement, ce qui leur permet aussi de sélectionner leurs futurs cadres. Enfin les entreprises soutiennent financièrement des fondations telles la «Ford Foundation» dont le but exclusif est le soutien de la recherche.

Il y a lieu de relever également les échanges d'informations et d'expériences entre différentes maisons qui se pratiquent à très grande échelle dans une multitude de séminaires, congrès auxquels participent largement les ingénieurs.

Le dynamisme dont fait preuve l'industrie américaine et son avance dans de nombreux domaines, tels que la micro-électronique, le «computer control», et les formes nouvelles de production d'énergie sont en grande mesure dus à l'importance attribuée aux USA à la recherche et à la formation des chercheurs, et aux moyens publics et privés mis en œuvre pour les promouvoir.

#### 5. Contribution des Universités à la promotion de la recherche

L'enseignement des ingénieurs aux USA ne se fait pas en général dans des écoles spécialisées, mais dans une des facultés des universités, ce qui permet d'associer cet enseignement à celui des autres facultés, à cause en particulier de l'étroite interdépendance qui existe et doit toujours plus exister entre la science de l'ingénieur et les sciences physiques et morales. A titre d'exemple, voici la structure de l'Université de Floride:

- *Division inférieure* constituée par le «University College» donnant pendant 2 ans une culture générale en grande partie commune à toutes les facultés.
- *Division supérieure* conduisant en 2 ans au titre de bachelier dans les collèges suivants: Agriculture, Architecture and Fine Arts, Arts and Science, Business Administration, Education, Engineering, Health related services, Law, Medicine, Nursing, Pharmacy, Physical Education and Health School, Journalism and Communication, School of Forestry.
- *Graduate School* conduisant au titre de «master» et de docteur, avec les mêmes divisions que la division supérieure.

L'enseignement technique est continuellement adapté à l'évolution des progrès de la technique, ce qui se traduit par une structure sans cesse modifiée, tenant compte de l'apparition de nouvelles spécialités d'ingénieurs. Ainsi le «Collège des ingénieurs» est constitué par les

Tableau 1. Répartition des ingénieurs et hommes de science en 1963 et telle qu'elle est prévue en 1970 aux USA

	en milliers	
	1963	1970
Physiciens et mathématiciens	255	390
Biologues et psychologues	160	235
Sociologues	85	115
Ingénieurs civils	170	240
Ingénieurs électriques	220	325
Ingénieurs mécaniciens, aéro-nautiques et astro-nautiques	240	370
Ingénieurs industriels, chimistes et autres spécialistes	303	463
Total	1435	2140

Tableau 2. Répartition des degrés académiques délivrés aux USA pendant l'année académique 1962—1963

	Ingénieurs		Total	
	Hommes	Femmes	Hommes	Femmes
Bachelor Degree	33 228	130	274 750	175 842
Master Degree	9 603	32	62 944	28 474
Doctor Degree	1 367	11	11 448	1 374
Total	44 198	173	349 142	205 690
Total			44 371	554 832

Tableau 1 tiré de la brochure «Profiles of manpower in science and technology» publiée par la National Science Foundation NSF 63-23.

12 départements suivants, et cette sub-division se retrouve à quelques variantes près dans la plupart des Universités américaines:

- aerospace engineering
- agricultural engineering
- bio-medical engineering
- chemical engineering
- civil engineering
- electrical engineering
- engineering science and mechanics
- engineering science program
- nuclear engineering
- industrial and systems engineering
- mechanical engineering
- metallurgical and materials engineering.

Il est attendu des professeurs, non seulement qu'ils enseignent, mais qu'ils suscitent et animent des travaux de recherche qui soient consacrés par des publications. Un certain nombre d'entre eux sont, pour des périodes limitées, déchargés de toute charge d'enseignement pour pouvoir se consacrer à des tâches de recherche. Une part appréciable de leur salaire est en fait payée par des fonds de recherche, dans le cadre de «contrats de recherche». L'aide que reçoit le collège des ingénieurs de l'Université de Floride atteint plus de 2 millions de dollars par an. Cette recherche s'effectue dans une multitude de laboratoires et d'instituts dont la liste est continuellement complétée.

Le Collège des ingénieurs a en outre un programme de perfectionnement des ingénieurs de l'industrie par cours télévisés donnés dans le cadre du «Graduate Engineering Education System (GENESYS)» dans les principaux centres industriels de la Floride. Ces cours ont été suivis pendant l'exercice 1965-1966 par plus de 300 ingénieurs et ont porté sur les sujets suivants:

- circuits intégrés
- mécanique des corps célestes
- mathématiques appliquées
- théorie des réglages automatiques
- recherche opérationnelle
- utilisation de calculateurs électroniques
- communications
- structure de la matière
- engineering des plasmas
- électro-optique.

Tableau 3. Répartition des fonds consacrés à la recherche telle qu'elles figurent dans le Budget Fédéral pour 1966

Organisation gouvernementale	Objet	Montant en mio de \$
Présidence	Défense économique	
	Développement économique du pays	1560
Département de l'agriculture	Détection et prospection des eaux souterraines	
	Prévention des inondations	
	Conservation des ressources naturelles	
	Développement de la silviculture	317
Département du commerce	Recherches dans le domaine des transports maritimes	
	Météorologie	
	Amélioration des systèmes de transport	117,3
Département de la Défense	Défense contre les fusées ballistiques	
	Défense contre les sousmarins	
	Recherche opérationnelle	
	Contrôle du débit des rivières et des crues	6543,2
Département de la Santé et de l'Education	Recherches dans le domaine de l'éducation	
	Recherches concernant la pollution des eaux et de l'air	170,6
Département de l'Intérieur	Recherches pour la conservation des sites naturels	
	Recherches géologiques et minières	
	Recherches relatives à l'utilisation du charbon	
	Transport d'énergie et interconnexion des réseaux	
	Déminéralisation de l'eau	325,6
Office des Postes	Automatisation des communications	13
Commission pour l'Energie atomique	Utilisation de l'énergie nucléaire	2185
Administration fédérale pour l'Aviation	Contrôle des services aériens	38
Administration fédérale pour l'aéronautique	Recherche aérospatiale	4120

Le problème de la collaboration entre l'industrie et l'Université a fait l'objet d'un séminaire qui a donné l'occasion à des représentants de l'industrie de préciser ce qu'ils attendaient que l'Université donne aux ingénieurs: une méthode de travail, l'art de communiquer les connaissances, de collaborer et de faire collaborer les autres, la préoccupation de l'efficience et du rendement économique, et surtout l'aptitude d'acquérir de nouvelles connaissances et de s'adapter aux tâches sans cesse nouvelles qui résultent du progrès technique.

Une collaboration étroite a été reconnue nécessaire entre l'industrie et l'université pour le recrutement et le perfectionnement des professeurs, et pour que leur enseignement soit continuellement adapté au progrès de la technique. La plupart des professeurs-ingénieurs ont une activité d'ingénieurs conseil en particulier pendant leurs vacances, ce qui leur permet de rester en contact avec la pratique. Des échanges entre l'industrie et l'Université ont été vivement encouragés selon la procédure suivante:

- des ingénieurs de l'industrie pourraient venir enseigner à l'Université pendant 1 an tous les 5 ou 6 ans.
- des professeurs pourraient être engagés dans les entreprises pendant une période et à une cadence similaire.

L'aide de l'industrie aux universités est souhaitée en particulier dans le domaine de la recherche sous l'une ou l'autre des formes suivantes:

- en confiant des mandats de recherche rémunérés à des instituts de recherche.
- en finançant cette recherche soit directement soit indirectement par l'intermédiaire de fondations soutenues par l'industrie, telles la fondation Ford.
- en mettant à disposition l'équipement nécessaire pour les laboratoires de recherche.

Même si le bénéfice immédiat que les entreprises peuvent attendre de la recherche universitaire est relativement modeste, du moins les industriels américains ont compris les avantages évidents et substantiels qu'ils en retirent à longue échéance et ils lui donnent l'appui voulu.

#### 6. Contributions des ingénieurs et des chercheurs

Les milieux universitaires européens ont tendance à considérer que le niveau des études en Europe est supérieur à celui des études américaines. Cette affirmation doit être nuancée; certes, à bien des égards, l'enseignement universitaire américain peut paraître plus sco-

Tableau 4. Montants consacrés à la recherche industrielle pendant l'année fiscale 1963 et proportion de l'aide du gouvernement fédéral

	millions de \$	Montant total	Proportion de l'aide fédérale
Industrie chimique	1 253	264	
Industrie du pétrole	315	20	
Métallurgie	353	41	
Industrie des machines	977	264	
Electrotechnique et communication	2 483	1 562	
Véhicules et transports	1 103	289	
Industrie spatiale	4 835	4 371	
Instruments scientifiques	497	232	
Autres industries	907	302	
Total	12 723	7 345	

Tableau tiré du «Report of the Select Committee on Government Research of the House of Representatives, Impact of Federal Research and Development Programs».

Tableau 5. Récapitulation de l'aide apportée par le gouvernement fédéral aux étudiants pendant l'année fiscale 1963

	Nombre des étudiants	%	Montants attribués \$	%
Agronomie	4 364	1,8	5 179 219	2,3
Biologie	21 526	9,3	28 410 629	12,6
Médecine	17 269	7,5	23 642 179	10,5
Ingénieurs	22 168	9,6	24 036 916	10,7
Sciences physiques	38 156	16,4	43 569 833	19,4
Sciences sociales	16 574	7,1	15 889 692	7,2
Humanités et arts	45 905	19,8	30 940 110	13,7
Sciences économiques et juridiques	13 830	5,9	10 846 224	4,8
Autres sciences	52 496	22,6	42 284 126	18,8
Total	232 288	100	224 794 928	100

laire qu'en Europe: les étudiants sont plus suivis et tenus par de nombreux «Homeworks» et «tests» tout le long de l'année. Les classes sont relativement petites. Dès que leur nombre dépasse une vingtaine, on crée différentes sections. Les professeurs sont très proches des étudiants, mais cela n'est pas au détriment du niveau des études, bien au contraire. Si le niveau du «bachelier» peut être considéré comme inférieur au niveau des diplômes des écoles polytechniques suisses, ce n'est pas le cas du niveau des «masters» et encore moins de celui de «docteurs». Or la proportion des étudiants qui accèdent à des grades supérieurs est en constante augmentation, ainsi qu'en témoigne le tableau suivant:

année	Ms and Dr degrees / bachelor degrees
1900	1:100
1930	1:20
1960	1:4
1970	1:2 (prévision)

Indépendamment de l'aide apportée par les universités et par le gouvernement, il est nécessaire pour beaucoup d'étudiants de payer eux-mêmes une partie de leurs études en travaillant. La plupart des «graduate students» sont mariés; leur femme souvent travaille et assure la subsistance du ménage. En fait, la compétition aux USA est très vive et tout au long de leur carrière, s'ils veulent progresser, les ingénieurs sont tenus de se perfectionner et d'acquérir de nouvelles connaissances. Ils acceptent de retourner sur les bancs de l'université et font en général preuve d'une grande ouverture à l'égard des nouvelles techniques. Leur avenir se construit non pas tellement sur leurs traditions et leur savoir mais bien plutôt sur ce qu'ils vont découvrir, d'où leur dynamisme.

## 7. Conclusion

Plus que pour tout autre pays, la prospérité de la Suisse dépend des performances de son industrie d'exportation, ces performances étant à leur tour conditionnées par son avance dans la course mondiale au progrès technique.

Le problème de la promotion de la recherche en Suisse est posé et nécessite également un effort coordonné de la part des pouvoirs publics, de l'industrie, des universités et des chercheurs. La disproportion en l'aide apportée par les pouvoirs publics pour la promotion de la recherche aux Etats-Unis et en Suisse est frappante. Certes, par l'intermédiaire du Fonds National pour la Recherche Scientifique, une aide appréciable a été apportée à la recherche pure en Suisse, ainsi que le relevait le conseiller fédéral Tschudi dans un article qui a paru l'automne dernier dans la «Weltwoche»: «L'intervention fédérale a donné un élan sensible à la recherche en Suisse, aussi bien dans le domaine des Sciences de l'esprit que dans celui des Sciences naturelles ... L'accroissement des projets de recherche correspond à celui des démarches de subvention auprès du Fonds National. On a ici une preuve irréfutable de l'intensification de l'activité de la recherche en Suisse.»

Le soutien que les autorités fédérales apportent à la recherche pure mériteraient d'être complété par un effort similaire dans le domaine de la recherche appliquée. Monsieur Choisy, conseiller aux Etats, dans un exposé qu'il a présenté le 17 décembre 1964 à l'Assemblée des délégués de la Chambre suisse d'horlogerie [8] a proposé la création d'un Fonds National pour la recherche technique, chargé de répartir les subventions fédérales à des associations de recherche établies par genre d'industrie. Cette intéressante suggestion mérite une attention particulière. Toutefois, vu la variété des domaines de recherche, le soutien des pouvoirs publics devrait prendre probablement plusieurs formes parmi lesquelles on peut envisager en particulier:

— *mandats de recherche confiés par l'Etat à des Instituts Universitaires* pour approfondir certaines applications présentant un intérêt particulier pour l'industrie suisse, telle la micro-électronique ou le system engineering. Ces recherches auxquelles des étudiants pourraient être associés auraient l'avantage de promouvoir la formation des chercheurs dans des secteurs d'avenir pour la Suisse.

— *contrats de recherche* conclus avec des entreprises privées dans les secteurs où des «associations de recherche» par branche d'industrie ne s'avèrent pas possibles. Cette forme très souple ne soulève pas de difficultés de principe, mais nécessite que l'Etat puisse disposer des organes techniques et scientifiques nécessaires pour définir une politique nationale en matière de recherche et contrôler l'exécution de ces contrats de recherche. Un des avantages de ces contrats serait d'améliorer immédiatement la position morale et matérielle des chercheurs dans les entreprises où ils souffrent trop souvent d'encourir le reproche de n'être pas suffisamment rentables à l'entreprise, parce que cette rentabilité ne devient évidente qu'à toujours plus longue échéance, d'où la

tentation pour eux d'émigrer aux USA où les conditions faites à celui qui s'intéresse à la recherche sont beaucoup plus favorables.

La place que l'*industrie suisse* a prise dans le monde est une preuve du dynamisme dont elle a fait preuve autrefois dans le domaine de la recherche. Toutefois, dans ce domaine plus que dans tout autre, il n'est pas possible de se reposer sur des positions acquises. Les formes nouvelles que prend la recherche nécessite des modes de collaboration nouveaux et plus étroits, tant entre entreprises qu'entre les entreprises, l'Etat et l'Université, avec création de laboratoires et centres de recherche communs à une branche d'industrie.

D'autre part, il devrait être reconnu plus que dans le passé qu'il est souhaitable, voire indispensable que chacun, quel que soit son niveau puisse consacrer une partie de son temps professionnel à sa perfectionner.

Pour remplir leur objectif, l'*enseignement des écoles polytechniques suisses* doit être continuellement adapté au progrès de la technique. En vue de cette adaptation, il est très souhaitable qu'elles puissent associer aux programmes d'enseignement un programme de recherche, et qu'elles trouvent les appuis voulus pour cela. D'autre part, un assouplissement de la structure de l'enseignement pourrait être envisagé, rendant possibles les échanges de professeurs avec l'industrie et avec les Universités étrangères et permettant la création de postes de «professeurs-visiteurs» ou de professeurs à temps partiel. En collaboration avec les associations industrielles et les milieux industriels, il est très souhaitable que les hautes écoles techniques établissent et réalisent un programme à longue échéance de perfectionnement des ingénieurs dans la pratique.

Mais quel que soit l'appui que le *chercheur* peut espérer de la part de l'Etat, des industries et des Universités, c'est en premier lieu son effort individuel qui est la condition essentielle à la promotion de la recherche. S'il est normal que son perfectionnement puisse être inclus en partie dans son temps d'occupation professionnelle, il est évident que ce temps doit être largement dépassé et que l'explosion des connaissances à laquelle nous assistons aujourd'hui nécessite un effort toujours plus opiniâtre de la part de celui qui veut contribuer au progrès.

Mais cet effort est largement payé par la joie que donne l'exploration des connaissances nouvelles, et le sentiment d'avoir été, même dans un secteur très restreint à l'avant-garde de cette exploration.

Joie également d'être reconnu par ses pairs et d'avoir les contacts que permet cette internationale des chercheurs qui n'ont aucune peine à se comprendre entre eux et peuvent contribuer à ce rapprochement entre pays dont le monde a tant besoin.

La promotion de la recherche tant «pure» qu'«appliquée» est un problème d'intérêt national. Si coûteux que soient les sacrifices qu'il entraîne, ces sacrifices constituent à longue échéance le plus solides des investissements. Sans vouloir copier les méthodes utilisées aux USA dans ce domaine, leurs méthodes méritent d'être étudiées attentivement pour que soient trouvées des solutions qui soient adaptées à nos habitudes et à nos possibilités.

Résoudre ce problème d'une manière positive est vital pour l'avenir de notre pays.

## Bibliographie

- [1] Profile of manpower in science and technology. Etude publiée par la National Science Foundation.
- [2] Federal Student Assistance in Higher Education. Report of the select committee on government Research of the House of Representatives, Washington 1964.
- [3] *Simon Tilson*: Educating the scientist, «Science and Technology», march 1965.
- [4] *David Allison*: The science brain trust, «Science and Technology», January 1965.
- [5] *Edwards B. Roberts*: How the US busy Research, «Science and Technology», September 1964.
- [6] *Glenn T. Seaborg*: Scientific Progress, the Universities and the Federal Government (Seaborg Report).
- [7] Impact of Federal Research and Development Programs, Report of the Select Committee on Government research of the house of Representatives, House Report No 1938 du 28 décembre 1964.
- [8] L'Etat et la recherche appliquée. Exposé de Monsieur Eric Choisy à l'Assemblée des délégués de la Chambre Suisse d'Horlogerie le 17 novembre 1964, dont un résumé a été publié dans le No 3 du 21 janvier 1965 de la «Suisse Horlogère». Voir aussi «Schweiz. Bauzeitung» 1965, No 45, p. 839: Der Staat und die Zweckforschung, Vortrag von E. Choisy.

Adresse de l'auteur: Dr. M. Cuénod, 1403 NW 10th Av., Gainesville, Florida 32601, USA.