

**Zeitschrift:** Bulletin technique de la Suisse romande  
**Band:** 73 (1947)  
**Heft:** 7

**Artikel:** Conscience de l'ingénieur  
**Autor:** Calame, Jules  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-55128>

#### 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:** 26.01.2026

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

# BULLETIN TECHNIQUE DE LA SUISSE ROMANDE

## ABONNEMENTS :

Suisse : 1 an, 20 francs

Etranger : 25 francs

### Pour sociétaires :

Suisse : 1 an, 17 francs

Etranger : 22 francs

### Prix du numéro :

1 Fr. 25

### Pour les abonnements

s'adresser à la librairie

F. Rouge & Cie, à Lausanne.

Paraisant tous les 15 jours

Organe de la Société suisse des ingénieurs et des architectes, des Sociétés vaudoise et genevoise des ingénieurs et des architectes, de l'Association des anciens élèves de l'Ecole polytechnique de l'Université de Lausanne et des Groupes romands des anciens élèves de l'Ecole polytechnique fédérale.

**COMITÉ DE PATRONAGE.** — Président : R. NEESER, ingénieur, à Genève ; Vice-président : G. EPITAUX, architecte, à Lausanne ; secrétaire : J. CALAME, ingénieur, à Genève. Membres : *Fribourg* : MM. L. HERTLING, architecte ; P. JOYE, professeur ; *Vaud* : MM. F. CHENAUX, ingénieur ; E. ELSKES, ingénieur ; E. D'OKOLSKI, architecte ; A. PARIS, ingénieur ; Ch. THÉVENAZ, architecte ; *Genève* : MM. L. ARCHINARD, ingénieur ; E. MARTIN, architecte ; E. ODIER, architecte ; *Neuchâtel* : MM. J. BÉGUIN, architecte ; G. FURTER, ingénieur ; R. GUYE, ingénieur ; *Valais* : M. J. DUBUIS, ingénieur ; A. DE KALBERMATTEN, architecte.

RÉDACTION : D. BONNARD, ingénieur, Case postale Chauderon 475, LAUSANNE.

## CONSEIL D'ADMINISTRATION DE LA SOCIÉTÉ ANONYME DU BULLETIN TECHNIQUE

A. STUCKY, ingénieur, président ; M. BRIDEL ; G. EPITAUX, architecte ; R. NEESER, ingénieur.

**SOMMAIRE :** Organisation et formation professionnelle : *Conscience de l'ingénieur*, par JULES CALAME, ingénieur-conseil à Genève. — *La locomotive à vapeur compound à trois cylindres*, par J.-P. BAUMGARTNER, Delémont. — DIVERS : *Une route de tourisme intercanal*. — *La Suisse et l'art paysan*. — NÉCROLOGIE : Charles Panchaud, ingénieur. — BIBLIOGRAPHIE. — Société suisse des ingénieurs et des architectes. — COMMUNIQUÉ. — SERVICE DE PLACEMENT.

## ORGANISATION ET FORMATION PROFESSIONNELLE

## DROITS ET DEVOIRS DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES<sup>1</sup>

CD 62

### Conscience de l'ingénieur

par JULES CALAME, ingénieur-conseil à Genève.

*Sous le titre : Prendre conscience de la profession (esquisse d'une philosophie de l'ingénieur) l'auteur de l'article qu'on va lire a fait, le 6 février dernier, au sein de la S. I. A. genevoise<sup>2</sup>, un exposé dont le thème est, croyons-nous, de nature à intéresser nos lecteurs (Réd.).*

*Le conférencier a fait remarquer d'abord que le problème qui se pose, pour le « jeune » ingénieur, est en général un problème de mathématique ou de mécanique rationnelle ; il est purement intellectuel ; c'est un problème de limite à ne pas dépasser.*

*Puis intervient les matériaux, leurs propriétés et leur résistance, notamment les matériaux neufs à l'égard desquels il importe de se constituer une opinion.*

*C'est ensuite seulement qu'interviennent les hommes avec leurs tendances à introduire des données personnelles ou administratives ou sociales qui n'ont rien à voir parfois avec le problème technique et l'auteur expose alors ce qui suit :*

Il est des cas où, plus directement, la conscience professionnelle est mise à l'épreuve. Je pense particulièrement à la

situation de l'expert, à celle du mandataire, à celle aussi du chercheur scientifique désintéressé.

Le **expert**, en effet, est appelé à donner un avis sur un cas particulier dont l'évidence est, en général, loin d'être apparente. En effet, si le problème était simple, on n'aurait pas besoin d'un expert pour le résoudre, car sa solution apparaîtrait naturellement. Quand on s'adresse à un expert, cela peut être pour toutes sortes de raisons, dont j'énumère quelques-unes :

Ou bien l'on se trouve en présence d'un cas simple dans lequel un *homme éminent a pu se tromper*, tout au moins en apparence, ou effectivement il a adopté des taux qui ne sont point usuels. L'ouvrage a coûté très cher, peut-être même s'est rompu et l'on s'adresse à un tiers, réputé capable, dont la conscience est hors de doute, pour dire ce qui en est de la réalité. Dans ce cas, le problème n'apparaît pas difficile ; il n'est que délicat et il s'agit d'examiner avec attention à qui donner raison. Encore faut-il savoir sur quoi l'on va baser son jugement. Faut-il faire abstraction de la solidarité professionnelle ? S'agit-il de dire que la formule utilisée était désuète ? Doit-on dévoiler que la conception même de l'ouvrage était erronée ou que son exécution n'avait pas dû être suivie avec attention, toutes conclusions qui desserviront un collègue et qui pourtant devront être dites par souci de la vérité.

Ou bien l'on se trouve avoir à examiner une entreprise complexe, dans laquelle des responsabilités sont enchevêtrées. Le propriétaire d'un ouvrage a admis qu'un tiers, à lui connu et qui a toute son estime, irait construire des fondations profondes à l'abord même d'un *vieux ouvrage* qu'il possède et dont il estime la qualité irréprochable. Il n'éprouve donc pas le besoin d'instruire son voisin sur les risques que la construction nouvelle va faire subir à l'ancienne, parce que, pour lui, il n'y a pas de risque. Le voisin d'ailleurs connaît ces risques et sait les maîtriser, de sorte qu'aucune formalité particulière n'est requise. On n'éprouve pas le besoin d'échanger aucun écrit à ce sujet et l'on entreprend la construction nouvelle.

Or si le sous-sol, en profondeur, est beaucoup moins bon qu'on ne l'avait imaginé. Le grand mur devant lequel on va fonder, se met à bouger ; il vient à pencher même dans une mesure inquiétante. Le voisin étaye, mais subit de ce fait des frais considérables. Pour finir, le grand mur — car il était grand — devient inutilisable ; il faut — pour éviter une catastrophe — le démolir et, une fois la démolition faite, qui paraissait être l'essentiel, on commence à rechercher les responsabilités. Quelle est alors la part d'un expert requis en l'occurrence ? Elle n'est pas si facile à définir.

<sup>1</sup> Les textes déjà publiés sous cette rubrique dans notre périodique figurent à nos numéros des 7 et 21 décembre 1946 (Réd.).

<sup>2</sup> Exposé répété le 11 mars 1947, à Lausanne, devant les membres du Groupe d'études des ingénieurs de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes (Section S. I. A.).

## Publicité : TARIF DES ANNONCES

Le millimètre  
(larg. 47 mm.) 20 cts.

Reclames : 60 cts. le mm.  
(largeur 95 mm.)

Rabais pour annonces  
répétées.



ANNONCES-SUISSES S.A.  
5, rue Centrale Tél. 2.33.26  
LAUSANNE  
& Succursales.

Des juristes se sont jetés sur le problème, bien avant l'ingénieur. Ils ont délimité des causes, pour eux très claires et de nature juridique essentielle qu'il n'est pas difficile d'ailleurs d'établir sur la base de textes précis du C. C. et du C. O. Ce n'est surtout pas la tâche de l'ingénieur de dire qui est fautif, mais l'expert s'attachera, dans les questions qu'on va lui poser, à dire la vérité, selon sa conscience ; il appuiera ses affirmations sur des faits ; il ne pourra plus simplement faire appel à des règles techniques immuables, mais il entrera probablement dans son jugement une part d'expérience — expérience scientifique et expérience des hommes — et une part de raisonnement, s'il a à exprimer pourquoi le mur qui avait tenu deux siècles s'est affaissé progressivement en un temps si rapide, et pourquoi l'étayage, même pratiqué dès le début et selon les règles de l'art, n'a pu apporter qu'une solution boiteuse.

Ou bien encore, dans le cas d'une *nappe souterraine* connue, mais jamais perçue à un niveau si élevé, comment se fait-il qu'un constructeur se soit essayé à fonder si bas un immeuble locatif, sans avoir pris l'avis d'une autorité compétente. Cette année les pluies se sont multipliées, la nappe souterraine s'est élevée au-dessus de ses niveaux habituels et l'inondation couvre les fondations de l'immeuble qui, par son isolement, devient inutilisable. On appelle un expert qui doit dire la vérité. Voici une forme de vérité qui n'est vraiment pas toute simple à exprimer et qui nécessitera peut-être des recherches d'autant plus longues qu'un tel problème n'est pas forcément connu aujourd'hui dans toute son ampleur. L'expert aura-t-il éventuellement le courage de dire qu'il ne connaît pas absolument la solution du problème, que celui-ci dépasse ses propres connaissances actuelles. Si sa mission n'est pas remplie, aura-t-il le courage de démissionner ? Non pas pour se tirer d'embarras, mais pour éviter de proclamer une soi-disant vérité dont il n'a pas alors la certitude.

On pourrait multiplier les exemples. On a voulu simplement montrer que certains problèmes à résoudre par l'ingénieur-expert sont parfois bien moins de nature technique que de nature psychologique et morale ; et en tous cas pas de nature juridique, car il n'appartient pas à l'ingénieur de dire le droit qu'ont les uns et les autres : et c'est un domaine bien trop risqué et qui possède par excellence ses spécialistes, ses règles et sa jurisprudence.

\* \* \*

Voyons maintenant la position du **mandataire**, de celui qui est chargé par une personnalité civile ou par des pouvoirs publics de faire exécuter une construction, que nous supposerons importante : un barrage, une grande usine, une tour de hauteur exceptionnelle. Où s'arrêtent ses compétences ? Comment doit-il intervenir ? jusqu'à quel point doit-il engager sa seule responsabilité ?

Montrons, par un exemple concret, comment se pose, dans la réalité, le problème. Nous choisirons, si vous le voulez bien, l'exemple typique d'un *gazomètre* à construire en *tôle soudée* d'une qualité spéciale, qui peut se fabriquer jusqu'à une épaisseur maximum déterminée, mais pas au-delà, car les laminoirs ne s'y prêtent pas. Or il se trouve que les dimensions extérieures de la cuve et des enveloppes ont été fixées depuis longtemps déjà par l'administration ; des offres ont été demandées sur ces bases ; une comparaison sérieuse a été faite entre les divers concurrents. Une variation urgente des prix a fait déjà adjuger la commande et l'on charge alors seulement un mandataire d'assurer l'exécution. Il ne peut dès lors plus être question de modifier les dimensions fixées d'avance et il faut quand même exécuter la construction de façon qu'elle satisfasse à la réglementation imposée.

Or il se trouve précisément que, pour les dimensions ainsi fixées avant la désignation du mandataire, on ne pouvait atteindre exactement l'épaisseur nécessaire des tôles, non point dans les endroits où la pression est faible, mais au bas de la cuve pleine d'eau du gazomètre où la pression atteint sa valeur maximum.

Du point de vue de la résistance, le fait est certain : dans le cas de surcharges extrêmes, la limite prescrite par la régle-

mentation est dépassée, légèrement dépassée si l'on veut, mais dépassée tout de même, ce qui précisément pose le problème de la conscience professionnelle dans toute son acuité. Comment faut-il le résoudre ? Du point de vue purement moral, la conclusion apparaît simple : si l'on doit tenir compte des prescriptions imposées — base juridique du problème — les taux de contrainte obtenus par un calcul usuel dépassent les conditions prescrites. La première réponse qui apparaît est donc purement négative : il ne reste plus au mandataire qu'à rejeter la solution adoptée — ou alors à s'en aller, ce qui ne résout pas le problème.

Ou alors prenant les ailes de la politique ou le jargon du commerce, il lui faut se mettre à expliquer et à considérer toute la question à un autre point de vue, celui de la pure utilité, sans plus se préoccuper d'aucune rigueur intellectuelle. Ne peut-on pas dire, par exemple, que la période est exceptionnelle, que le marché est déjà conclu, que la tôle offre une résistance souvent plus grande que la moyenne des essais, que le facteur de sécurité est là précisément pour subir à l'occasion une entorse de peu d'importance, que finalement les hypothèses mises à la base du calcul et — plus encore les bases adoptées par les normalisateurs du règlement — sont sujettes à discussion. Et voilà d'un coup le problème rejeté en dehors du domaine de la conscience professionnelle.

Qui résoudra le problème ? qui prendra à sa charge la décision définitive ?

Le maître de l'ouvrage lui-même peut se déclarer incompetent ; il s'en remet totalement à l'ingénieur, qu'il a précisément engagé dans le but de le secourir et en qui il entend mettre une pleine confiance, c'est-à-dire qu'il le charge précisément de réaliser toutes les conditions, en deçà desquelles la sécurité réglementaire se trouve réalisée. Bien plus, le maître de l'ouvrage peut être amené à entendre l'ingénieur lui parler de la faible différence qui existe entre la sollicitation réelle du métal et celle qui peut être tolérée, mais encore une fois, il n'est pas du ressort du maître de l'ouvrage de tirer lui-même la conclusion.

L'ingénieur reste seul devant la détermination à prendre : il devra constater la position juridique complète du problème et il la comparera à la position effective que donnent ses propres calculs de résistance et, s'il est possible, des résultats d'essais qu'il aura obtenus entre temps.

Aucun doute ne peut plus maintenant subsister. La norme de résistance est dépassée, pas de beaucoup, mais dépassée tout de même et la position du mandataire peut devenir — on le voit — singulièrement délicate. C'est à lui finalement à proposer, en bonne conscience, une solution au maître de l'ouvrage.

Je vois alors, pour l'ingénieur-mandataire, deux attitudes possibles :

une *première attitude*, que j'appellerais *réglementaire* : il déclare le problème insoluble, la solution irréalisable, la commande passée erronée, ce qui va vexer à la fois le maître de l'ouvrage, son administration et le fournisseur ; il lui reste, dans cette situation, deux possibilités :

Ou bien le mandataire *démissionne*, ne pouvant encourir une responsabilité qu'il estime démesurée et sa mission est alors terminée ;

ou bien le mandataire obtient l'*annulation de la commande* dans les conditions qui étaient posées avant son intervention et il va se trouver à l'avenir dans une situation tendue — au moins momentanément — et dans laquelle il aura besoin de toute sa lucidité et de toute son énergie pour mener à chef sa mission devant des partenaires dérisés.

Une *seconde attitude* du mandataire peut toutefois être très différente, si l'on n'est pas trop loin de la solution envisagée ;

c'est de recon siderer tout à nouveau le problème dans son entier, c'est-à-dire au-delà même des hypothèses courantes qui sont à la base du raisonnement officiel ; il s'expose alors, après toutes les réserves d'usage, à prendre sur lui un supplément de responsabilité, à déroger en somme aux pratiques courantes et aux habitudes convenues, mais après s'être assuré et convaincu par des recherches approfondies, par des méthodes de calcul plus poussées, peut-être même par des essais concluants, qu'il est quand même possible, sans risque exagéré, de dépasser, dans une proportion connue, les normes communément imposées ; l'ingénieur prend alors en charge le supplément de responsabilité, sûr de son coup, mais *sans plus aucune protection de la part de la réglementation conventionnée*. Et il faut encore que l'ouvrage tienne dans des conditions acceptables ! — sinon c'en est fait de sa carrière et de sa réputation.

J'imagine que ce doit être dans des conditions analogues à ces dernières qu'Eiffel consentit à monter la tour de 300 m, que Freyssinet se hasarda à construire les voûtes de Plougastel, que Rickenbach fit monter par la crémaillère la première locomotive du Rigi, que Thury vit tourner sa première dynamo, et Boucher la turbine hydraulique de Fully sous ses 1650 m de chute, doublant ainsi la plus haute chute d'eau jusqu'alors utilisée.

\* \* \*

Il existe encore d'autres occasions dans lesquelles l'ingénieur est appelé à prendre conscience de la réalité, notamment dans **la recherche d'un résultat objectif** ou — si l'on préfère — scientifique.

Il me souvient d'une discussion publique assez ardue, et même assez acerbe, à propos d'un calcul de coup de bâlier, dans certains cas de conduites d'eau sous pression, dont le détail d'ailleurs n'importe pas à notre exposé.

Voici le problème dont il s'agissait :

On sait qu'en principe, l'importance du coup de bâlier — c'est-à-dire l'augmentation brusque et instantanée de la pression hydraulique qui pourrait, dans certaines conditions, provoquer une rupture de conduite — est d'autant plus grande que la manœuvre de l'obturateur est plus rapide. L'objet essentiel de la technique de celui qui fournit cet obturateur — que ce soit une vanne ou un distributeur de turbine — consiste donc à imaginer et à réaliser une loi de fermeture et une loi d'ouverture assez longues pour que la surpression et la dépression (qui constituent des phases alternantes, consécutives et rapides du coup de bâlier) ne dépassent pas des valeurs limites, que l'on impose au constructeur de l'enveloppe, c'est-à-dire de la conduite elle-même. On voit donc que tout le jeu du calcul — fort intéressant en lui-même, parce qu'il conduit à des lois complexes — consiste à faire le choix d'une manœuvre, à exprimer celle-ci dans une loi mathématique et à calculer finalement l'augmentation et la diminution de la pression sur la base d'une théorie qui est bien l'une des plus attrayantes qui existent. Le problème, dans son entier, est d'autant plus captivant que l'eau s'écoule en général dans des tubes imposants sous les yeux même du public, qu'on y sent bouillonner un fluide impressionnant et qu'on est à même ainsi de pressentir directement le danger qui menace toute une région, dans la mesure où l'ingénieur n'aurait pas su conduire ses calculs correctement.

Les ingénieurs qui s'occupent de ce problème — comme ceux d'ailleurs qui examinent d'autres problèmes analogues — ont donc échafaudé des théories qui ne sont pas un simple jeu de l'esprit, mais qui entendent tenir compte de la réalité, c'est-à-dire des objets eux-mêmes et de leurs caractéristiques. Par quoi il faut entendre qu'ils ont introduit, par des hypothèses appropriées, des conditions concrètes : ils possèdent des données sur l'élasticité des matériaux et sur l'élasticité de l'eau ; ils portent en compte des diamètres réels. Ils tiennent compte de l'épaisseur variable de la paroi et de la conduite qui est un produit de l'industrie. Ils tiennent compte surtout des qualités de l'obturateur qui, on le conçoit, joue un rôle primordial.

Et c'est dans ces conditions de la réalité qu'est née à l'occasion une dispute intéressante, parce qu'elle met en oppo-

sition la mentalité de l'ingénieur avec celle du mathématicien.

Pour le mathématicien, la manœuvre de la vanne peut être aussi courte qu'on le voudra et le coup de bâlier prend alors une valeur si énorme qu'aucune conduite n'y saurait résister. L'ingénieur de turbine, au contraire, prescrit un temps de manœuvre d'un nombre bien défini de secondes et construit sa machine, de manière qu'en aucun cas la manœuvre ne puisse être plus courte que celle calculée ; le dispositif est aisément trouvable, il ne fait appel qu'à une construction courante et à des conditions tout à fait simples. C'est ce qui lui permet de garantir une valeur maximum de la pression et de supprimer pratiquement le risque, dans la mesure où un autre constructeur, celui de la conduite, aura fourni des tôles appropriées, sur la base de grandeurs bien définies par avance et qui ne peuvent être dépassées.

On touche ainsi du doigt la différence essentielle entre le théoricien pur et le constructeur. C'est à ce sujet qu'il s'agit précisément de définir en quoi consiste la conscience de l'ingénieur : Si l'ingénieur laisse, dans un tel problème, voguer l'imagination ; s'il donne à penser qu'il n'est pas sûr de ses hypothèses, il contribuera à faire naître un trouble dans tout un monde d'exploitants et de constructeurs. Il faut précisément qu'il en soit conscient. Il faut qu'il adopte une ferme ligne de conduite. A défaut de quoi, il risquerait bientôt, toutes proportions gardées, de se trouver placé devant le même problème moral que celui, en général si mal posé, de la bombe atomique, c'est-à-dire qu'il arriverait facilement à donner l'impression que tout est possible, que le cerveau de quelques-uns permet de réaliser les pires conditions et qu'ainsi personne n'est vraiment sûr de la suite des opérations engagées.

Je n'hésite pas à penser avec d'autres qu'une telle mentalité constituerait, non pas une simple erreur, mais une faute grave chez un ingénieur et voici en quoi elle consiste : l'organe d'obturation de la conduite en question n'est pas mis par la simple imagination d'un farceur ; elle dépend essentiellement de l'action d'un moteur auxiliaire dont les dimensions sont d'autant plus grandes que l'effort à fournir est plus important et il est dès lors certain que ce moteur n'est jamais à même de provoquer une manœuvre dans un temps quasi-nul. L'ingénieur n'a pas le droit — ou alors il est coupable — de laisser croire, comme pourrait le faire — en toute bonne conscience — un mathématicien, que n'importe quelle supposition faite est, dans ce cas particulier, une hypothèse plausible. L'ingénieur, qui a pris conscience de la réalité du problème technique se doit, à ce moment-là, de retenir sa raison dans les limites du possible.

Le surplus n'est qu'un jeu. On peut, sans aucun doute, s'y livrer et même s'y complaire, mais à la condition toutefois de n'en pas être dupé.

\* \* \*

Essayons encore de faire un pas de plus, au-delà de la technique.

Quand les philosophes discutent entre eux du sens profond de la vie, on finit par les trouver en général opposés les uns aux autres dans deux camps, d'autant plus distants que la discussion s'approfondit.

Pour les uns, la vie n'a de sens que dans la réalisation. La créature humaine apparaît à la surface du globe, puis en disparaît après avoir laissé des traces. Ce sont ces traces évidemment qui importent et qui sont précisément la contre-partie de l'activité humaine. Le seul problème qui mériterait de retenir l'attention serait dès lors celui de la connaissance — ou, si l'on préfère, de la vérité. La recherche scientifique devient

ainsi un *but en elle-même*. Ses conditions sont devenues d'ailleurs suffisamment exigeantes pour que l'intelligence puisse s'y vouer tout entière, sans aucun risque d'atteindre jamais le fond même du problème. L'activité technique consisterait alors — dans son sens le plus élevé — à observer, à expérimenter, à essayer, à supputer, à calculer, à réduire, pour ensuite projeter, construire, réaliser, donner en somme à la matière — ou à cet élément de la matière, qui aujourd'hui plus particulièrement nous préoccupent — une forme, une fonction qui joue un rôle dans la vie individuelle et sociale, avec toutes les répercussions qu'elle peut apporter. Dans cette conception uniquement *matérielle* ou — pour prendre un mot actuel — existentielle de la vie, rien n'importe finalement que le résultat visible, audible, tangible de l'expérience et finalement, si elle en vaut la peine, sa multiplication à toutes sortes de fins privées ou communautaires.

Le plus caractéristique des exemples de notre temps semble bien être, à cet égard, la mise en évidence de l'*énergie atomique* avec tous les programmes mirifiques qu'elle a déjà provoqués devant les yeux ébahis de l'humanité angoissée. Tous, ou à peu près, se posent des questions à son sujet. Les plus érudits et les mieux documentés montrent par des théories où l'on en veut venir. Ils font valoir l'extrême difficulté des recherches et la ténacité de ceux qui s'y vouent. Les revues scientifiques signalent le sujet d'un rêve, que la plupart de leurs lecteurs d'ailleurs ne comprennent pas, mais dont ils n'hésitent pas à parler, dans leurs conversations, comme de l'essentiel de l'époque. Quant à la chose elle-même, on la maintient dans un mystère voulu ; le danger que présente la bombe atomique justifie d'ailleurs en partie cette attitude. Tout ce qu'on peut apprendre, par des indiscretions successivement dévoilées, c'est que des villes entières ont été construites, dans lesquelles une élite de techniciens participe à la recherche du problème. Quelques-uns d'entre eux — l'état-major — continuent à discuter et à rechercher. Toute la question fait l'objet d'une attitude intransigeante et pour tout dire secrète. Et l'humanité continue à vivre en se demandant ce qu'il adviendra d'elle demain. Ces gens-là *construisent pour construire* et même, bien pire, ils construisent... pour détruire !

On se prend parfois à se demander alors *qui pense* pour tous ces gens, si leur but a une fin en soi, s'ils sont vraiment conscients de leur position et de leur fonction humaine ou si, comme Faust, ils ne sont pas finalement à la recherche d'une folle expérience qui les dépasse et qui ne cessera pas de les dépasser toujours.

Peut-être même la possibilité de l'explosion gigantesque, qui pourrait réduire en ruines et eux-mêmes et toute une région avoisinante, est-elle pour eux une solution suffisante, puisque alors leur vie aurait pris une fin prévue et inéluctable, comme l'aboutissement du plus sensationnel de leurs efforts ?

\* \* \*

On dira peut-être qu'en parlant ainsi on noircit le tableau, que le chercheur scientifique, même matérialiste, est infatigable, parce qu'il sait ce qu'il fait. Il envisage un *progrès*, à l'égard de ce qui était avant lui et ce progrès suffit à lui donner tout son élan.

La question est d'importance. Examinons-la, par exemple, sous la forme du *perçement des grands tunnels alpins*. Pourquoi les hommes s'amusent-ils à perforent un trou de 20 km dans des conditions qui représentent, en général, le comble des difficultés ?

Réponses : pour aller plus vite ;

pour « gagner du temps » ;

pour relier les peuples de part et d'autre de l'Europe...

Imagine-t-on l'avantage considérable, cette facilité que les hommes auront à se transporter, à échanger leurs idées, à fraterniser ? En un mot, n'est-ce pas une étape même du progrès ?

Et *l'ingénieur*, quelle part y prend-il ?

Ou bien il est l'employé d'une entreprise et y voie alors tous ses efforts pour faire réussir le travail, car il s'est convaincu de la nécessité de l'œuvre à accomplir.

Ou bien il dirige lui-même les opérations et revêt une âme d'apôtre. Pensez-vous en effet que, pendant dix ans, on puisse pénétrer ainsi dans l'antre de la montagne, jour après jour, se soumettre à une discipline intense, accepter des conditions physiques difficiles, vivre presque en marge de la civilisation, risquer de se faire écraser ou emprisonner à chaque passage dans la zone de pression, sans être persuadé qu'on accomplit là une œuvre, non seulement utile, mais méritoire, presque libératrice, au profit d'une humanité dont on n'hésite pas à penser qu'elle comprendra, même de loin, un tel sacrifice.

Il y a là sans doute une attitude grandiose ; la lecture, tout enfant, de la biographie de Louis Favre, le perceur du Gothard, ne nous a-t-elle pas ému jusqu'à la conviction ?

Mais à y bien regarder, ce progrès en est-il véritablement un ? Disons mieux : tout événement de ce genre constitue-t-il *en lui-même* un progrès, du simple fait qu'il se produit ; ou, au contraire, n'y a-t-il pas vraiment un progrès véritable dès l'instant que nous le considérons comme tel ? C'est-à-dire que nous ajoutons, au simple travail matériel, *notre compréhension personnelle*, notre acquiescement intérieur, notre effort spirituel.

Imaginez donc un instant le tunnel fini, les trains traversant la montagne en vingt minutes à toute allure, les voyageurs endormis sur leurs coussins rembourrés, se plaignant même probablement de l'aération déficiente et du trajet sans lumière naturelle, boudant en quelque sorte l'effort humain, si vite oublié. Que leur a-t-il servi à tous ces gens de gagner un jour, de transporter ainsi d'un pays à l'autre leur vie banale avec une telle désinvolture, si c'est sans apprécier autrement l'effort grandiose de leurs semblables ?

Aujourd'hui, il est vrai, on fait beaucoup mieux, grâce à la radiogoniométrie : par la pluie et le temps bouché, il se peut faire qu'on parte de chez soi, un porte-feuille sous le bras et qu'on débouche deux ou trois heures plus tard dans un pays entièrement différent sans avoir rien vu du paysage qu'une brume généralisée. Sans doute le trajet, de ce fait, s'est écourté singulièrement. La terre est en train de perdre ses grandes dimensions et nous allons dépendre bientôt d'une élite nouvelle, celle constituée par les hommes qui ont la possibilité d'user couramment de l'avion : il s'agira sans doute de diplomates, d'ingénieurs ou d'étoiles de cinéma.

Quant au problème du *bonheur* des hommes — notre frèle bonheur humain —, il se loge sans doute encore ailleurs, et il suffira d'un exercice ou deux du genre que je décrivais tout à l'heure pour se rendre compte que les « immenses » progrès ainsi accomplis n'ont pas changé grand chose à la nature humaine.

\* \* \*

Et tant qu'il s'agit de désirs bienfaisants ou de joies de vacances, on ne peut que s'en réjouir. Mais ne sortons-nous pas précisément d'une époque dans laquelle tous ces progrès mirobolants ont été utilisés à toutes fins nuisibles. Si le bruit d'un moteur aujourd'hui nous réjouit à la pensée des heureux mortels qui naviguent en l'air dans des conditions idéales, nous ne pouvons pas oublier les ronronnements terribles qui

ont assombri notre ciel des mois durant et qui encore ne représentaient pour nous que les signes avant-coureurs de désastres innombrables, auxquels nous ne participions peut-être que par un manomètre ou par un engin automatique.

Nous ne sommes pas les seuls à nous bercer d'illusions.

Le XVIII<sup>e</sup> siècle ne s'était-il pas déjà consacré à une théorie du progrès, qui était devenue une véritable religion ? Qu'on relise à ce sujet — car c'est une lecture fort attrayante — les espoirs infinis d'un Condorcet, ou même d'un Voltaire : le bonheur allait être amené peu à peu sur la terre par l'égalité entre les nations, par l'égalité entre les citoyens d'un même peuple, par la diminution de l'inégalité des richesses, de l'inégalité des situations, de l'inégalité d'instruction. On pensait alors que la connaissance de l'univers apporterait de tels avantages aux hommes qu'ils en deviendraient sages. L'industrie allait apporter le bien-être, et même le bonheur. Il ne resterait plus alors qu'à perfectionner les lois et à éclairer les peuples pour proscrire la guerre de la surface du globe. La perfectibilité apparaissait aux Encyclopédistes comme une des lois générales de la Nature.

Je pense qu'à l'époque où nous sommes, après les expériences que nous venons de faire, cette sorte de « bonheur » qui s'introduit dans le cœur humain par des mesures extérieures, ne nous fait plus beaucoup d'impression.

Les régimes totalitaires proclament toujours un bonheur à venir. Mais comme il est trop lent à prendre de la vitesse, on lui infuse en général une haute dose de politique qui bientôt le rend exécrable.

Devant une telle expérience, il est sans doute bien permis de penser qu'une telle attitude de l'homme, qui se vouerait tout entier à un destin grandiose et impersonnel, ne peut guère aboutir qu'à une faillite ou tout au moins à une carence de la conscience. C'est peut-être même dans la mesure où nous acceptons implicitement une pareille attitude que nous participons personnellement à la décadence de notre civilisation.

\* \* \*

Limitons encore une fois le problème pour y voir plus clair. Il va de soi que, tant qu'il s'agit d'une activité réglementaire, située à l'intérieur de normes adoptées — admettons-le — à juste titre, aucun problème de conscience ne se pose. Mais, dès l'instant qu'on a dépassé cette zone de l'activité triviale surgissent alors — si l'on ne veut pas se limiter à adopter l'attitude passive et bornée d'un animal domestiqué par la Science — des questions d'un ordre transcendant, auxquels il est naturel de chercher une réponse.

C'est à Bergson, sauf erreur, qu'on attribue cet adage : **Il faut agir en homme de pensée et penser en homme d'action.**

*Penser en homme d'action*, la chose n'est pas difficile, tout au moins pour l'ingénieur. On n'imagine pas bien un ingénieur agissant comme tel et qui ne penserait pas en homme d'action. Tout plan destiné à une exécution oblige à réfléchir, à un moment ou à un autre, comment on s'y prendra pour réaliser telle nouveauté. C'est la raison d'être de l'ingénieur que d'approfondir les méthodes de réalisation. L'affirmation me paraît évidente. Je n'insiste pas.

Toute différente est, en revanche, l'autre moitié de la proposition qui conseille d'*agir en homme de pensée* et c'est probablement ici que survient précisément la grande difficulté de l'ingénieur.

Agir tout court — c'est-à-dire sans penser — est relativement chose aisée. C'est le gros du menu de presque toutes nos journées. Ne sommes-nous pas des gens pressés ? Avec une bonne santé, des forces suffisantes, multipliées par la

technique d'aujourd'hui ; avec des lois sociales et un capital financier dont on peut supposer qu'il permette de réaliser l'ouvrage, il n'est pas si difficile de partir en campagne et d'appliquer, au jour le jour, les grandes et les petites règles de la technique. On ne fait au début que réaliser successivement des conditions nécessaires et suffisantes, qui impliquent sans doute un travail considérable, de l'imagination, une documentation, une méthode, un contrôle. Mais on ne fait pas jusqu'alors forcément appel à autre chose qu'à cette probité intellectuelle qu'enseigne l'école et dont on peut admettre qu'elle est aujourd'hui monnaie courante chez les ingénieurs. La plupart d'entre eux, sous cette impulsion, font de la technique pour la technique, comme d'autres font de l'art pour l'art, mais combien se préoccupent d'agir en hommes de pensée, d'être conscients de leur position d'hommes vivants en plein milieu d'une société qui leur fait confiance ?

Que devient, dans toute cette activité, souvent débordante, la conscience de l'ingénieur ? Je vous le demande, quand je pense à toutes les armes et à toutes les munitions qui ont pu être fabriquées dans notre pays pendant la guerre et, dans certains cas, pour l'un des partis, puis pour l'autre, sans se préoccuper d'autre chose que de la précision prescrite pour que l'arme soit livrable et qu'on touche en or la contre-partie de son chef-d'œuvre.

Que pouvait bien être la conscience de l'ingénieur qui, dans le Reich d'Hitler, avait pu imaginer et construire ces fours crématoires, fonctionnant en service continu et dans lesquels on brûlait à journée faite les cadavres puants qui attendaient en monceaux depuis des jours leur dénouement terrestre.

Vous direz peut-être qu'on abuse et qu'il ne s'est pasagi de cela chez nous ? Mais, direz-vous alors, à quoi pouvait bien servir telle pièce détachée de haute précision que nous étions heureux de pouvoir livrer en série — pour alimenter, disions-nous, notre industrie ; trop heureux surtout de ne pas savoir plus exactement à quoi elle servait.

Tout cela ne vous rappelle-t-il pas cette tentation qui s'excuse, dans l'*Histoire du soldat* de Ramuz, quand le diable, vantant sa marchandise, s'exprime en disant : « Monsieur, on a sa dignité... On fait son métier, son petit métier... »

Ne pensez-vous pas que, trop souvent encore, nous autres ingénieurs ne nous préoccupons pas assez souvent de connaître l'odyssée de nos efforts ? Et alors, très simplement, en renonçant à agir en hommes de pensée, nous pouvons être appelés à prêter nos forces à des esprits ou à des groupes malfaisants. Nous devenons alors, sans peut-être même nous en rendre compte, les destructeurs d'une société dont nous prétendons assurer le succès et, de fil en aiguille, les destructeurs de notre propre bonheur.

\* \* \*

Faut-il, pour terminer, essayer de définir la conscience de l'ingénieur ? Couvre-t-elle une simple satisfaction intellectuelle d'ordre intime, celle d'une équation résolue ou intégrée, celle d'une théorie sérieusement échafaudée, celle peut-être d'une construction réussie, celle enfin d'avoir rempli honorairement les conditions d'un contrat ? Ou plutôt n'est-elle pas appelée aussi à se poser d'autres questions que celles purement professionnelles, à y répondre en prenant finalement d'autres responsabilités que celles des simples relations de faits ?

On doit aussi éclairer une autre face du problème et se demander sérieusement quel est le but véritable de l'ingénieur, à quoi il entend se vouer, pour qui il est prêt à consentir des efforts parfois considérables.

Il y a sans doute pour chacun une solution différente, mais

— dans notre profession comme dans toute autre — se pose peu à peu le problème fondamental de la *détermination primordiale* et aussi celui du *service à rendre ou à obtenir*.

Je m'en voudrais de préciser davantage. Chacun, s'il est bien né, ressent en soi un désir profond de se mieux connaître, de porter sur toute chose un jugement libre. Il est fier de vivre et d'agir ; il entend pouvoir discerner presque instinctivement l'action bonne de la mauvaise. Et, s'il faut parfois payer cette expérience dans l'ombre, et même jusqu'au remords et au repentir, c'est pour mieux découvrir la *route lumineuse de l'idéal* qui peut désormais conduire l'ingénieur, en fixant souverainement sa ligne de conduite sans plus trop hésiter, à travers les difficultés ou même les turpitudes sans cesse renaissantes de l'existence.

## La locomotive à vapeur compound à trois cylindres

CD 621.132-146  
par J.-P. BAUMGARTNER, Delémont.

Bien que la plupart des locomotives à vapeur du monde travaillent en simple expansion, la locomotive compound continue d'avoir des partisans. Des essais méthodiques font en effet valoir en sa faveur, par rapport à une machine comparable à simple expansion, une économie de combustible et un accroissement de puissance de 15 à 20 %. Les économies financières correspondantes peuvent couvrir plus que les dépenses supplémentaires causées par la complication relative du moteur à double expansion.

Jusqu'ici, on a généralement construit la locomotive compound avec un moteur à 4 cylindres, un groupe de 2 cylindres à haute pression (HP), et un autre de 2 cylindres à basse pression (BP). L'un des deux groupes, placé entre les longerons du châssis, attaque un essieu coudé à 2 manivelles. Sur une compound bien étudiée et bien conduite, chaque groupe HP et BP fournit environ la moitié de la puissance totale. L'essieu coudé d'une machine compound moderne peut donc avoir à transmettre de 2000 à 2500 chevaux à grande vitesse. Cela représente un maximum eu égard aux dimensions possibles de ses fusées et de ses tourillons de manivelles. Dans l'état actuel de la technique, si l'on veut porter la puissance d'une compound à plus de 4500 chevaux indiqués, il faut abandonner l'essieu coudé à 2 manivelles.

La solution la plus simple consiste à établir un moteur compound à 3 cylindres. Un seul cylindre HP en remplace deux ; placé à l'intérieur du châssis, il attaque un essieu à un seul coude dont les fusées, les flasques et les portées de manivelles peuvent être largement dimensionnées ; 2 cylindres BP travaillent de la manière habituelle à l'extérieur du châssis.

On a construit des compound à 3 cylindres déjà à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle. Mais l'étude d'une locomotive compound moderne à 3 cylindres et à grande puissance pose certains problèmes qui n'avaient pas été effleurés il y a cinquante ans. Nous nous proposons de les exposer ici.

Une locomotive compound à 4 cylindres possède un moteur dont les masses à mouvement alternatif sont auto-équilibrées, ou peu s'en faut, ce qui lui donne une tranquillité de marche remarquable et permet de réduire la surcharge dynamique sur la voie à une valeur infime. En revanche, sur une compound à 3 cylindres, la surcharge dynamique réapparaît en partie, à

moins que l'on ne renonce à équilibrer ses masses à mouvement alternatif par des contrepoids tournants. Cette dernière solution mériterait d'être essayée.

Le couple moteur d'une locomotive à simple expansion et à 3 cylindres égaux est de 6 % plus régulier que celui d'une machine à 2 cylindres. On peut essayer de faire bénéficier la locomotive compound à 3 cylindres de cet avantage, en confiant au cylindre HP un tiers de la puissance totale, soit la même puissance qu'à chacun des 2 cylindres BP. Dans ce but il faudrait décaler uniformément les manivelles de chaque piston de 120° l'une sur l'autre, et réduire sensiblement le volume du cylindre HP par rapport à celui des cylindres BP. Cela semble difficile par suite de la température moyenne élevée qu'atteindrait le cylindre HP et des difficultés de graissage qui menacent de s'ensuivre.

Il semble donc préférable, a priori du moins, de faire rendre au cylindre HP environ la moitié de la puissance totale. Si l'on garde les manivelles des pistons BP décalées de 120° l'une sur l'autre et de 120° également sur la manivelle du piston HP, les coups d'échappement du groupe BP se suivent à des intervalles irréguliers, en 2 groupes de 2 coups par tour de roue. Cette irrégularité du débit de la vapeur d'échappement a-t-elle une influence néfaste sur le tirage produit et sur la tenue du feu ? D'après des expériences anciennes, il ne le semble pas.

Si l'on tient à obtenir une suite régulière des coups d'échappement comme sur toute locomotive à simple expansion à 2 cylindres ou compound à 4 cylindres, il faut caler les manivelles des pistons BP à 90° l'une sur l'autre, et celle du piston HP sur le prolongement de la bissectrice de ces dernières, c'est-à-dire à 135° sur chacune d'elles.

Ces questions étant résolues, se pose le problème cardinal de cette étude :

La locomotive compound moderne à 3 cylindres atteindrait-elle la puissance spécifique de sa congénère compound à 4 cylindres ? En termes concrets, sera-t-elle capable de produire autant de chevaux pour un même poids, une même surface de grille et une même cylindrée BP ? Sa consommation d'eau et de combustible par cheval-heure sera-t-elle aussi réduite ?

Nous ne possédons pas encore de résultats d'essais systématiques d'une compound moderne à 3 cylindres. Force nous est donc d'approcher le problème par la théorie. Nous comparerons le fonctionnement de deux locomotives identiques à l'exception de leur moteur, l'une étant compound à 3 cylindres, l'autre à 4 cylindres, avec des cylindrées BP égales.

La puissance et le rendement d'une locomotive augmentent avec le timbre de la chaudière et la température de la vapeur surchauffée, et diminuent ensuite des pertes par laminage, par condensations et par fuites. Il n'y a pas de raison pour que les pertes par fuites et par condensations obéissent à d'autres lois sur la compound à 3 cylindres que sur celle à 4 cylindres. La pression et la température de la vapeur quittant le surchauffeur étant supposées égales, il nous reste à examiner comment varient les pertes par laminage (c'est-à-dire par chute de pression avec augmentation d'entropie sans travail extérieur) dans les deux cas.

Pour simplifier, nous admettrons que le circuit de vapeur est identique. Cela signifie que le rapport des sections de passage de la vapeur à travers le régulateur, le surchauffeur, les tuyaux d'aménée, les lumières de distribution, et les tuyauteries et tuyères d'échappement, aux volumes des cylindres HP et BP respectivement, sont égaux sur les deux locomotives ; que le circuit de vapeur est de même qualité ; et que les rapports du volume d'une boîte de vapeur HP à