

ESSAIS DE FATIGUE

Machine de l'A. I. B. de 0/50 t et de -25/+25 t pour essais pulsatoires d'endurance

par Y. VERWILST,

Ingénieur Civil des Mines A. I. Br.,
Directeur Général de l'A. I. B.

La figure ci-après reproduit l'installation de la machine de 50 t Amsler pour essais pulsatoires et de ses accessoires, telle qu'elle est aménagée provisoirement dans les Laboratoires de l'A.I.B., 58, rue de l'Automne, à Ixelles.

En dehors des essais statiques de traction, flexion et compression habituels, cette machine permet d'essayer des éprouvettes et des petits assemblages à la fatigue, à la traction et à la compression, ainsi qu'à la fatigue de flexion avec des alternances de 250 ou de 500 par minute.

La puissance maximum de la machine est de 50 t. Toute la gradation des efforts peut être obtenue entre -25 t et +50 t pour des limites minima et maxima dont l'écart ne peut excéder 50 t.

Les diagrammes ci-dessous représentent les différentes sollicitations qui peuvent être exercées.

Avant de passer à sa description et d'examiner quelles sont les épreuves susceptibles d'être effectuées sur cette installation, disons très brièvement quelques mots de nos connaissances actuelles sur la résistance à la fatigue des métaux, des pièces de machines et des assemblages métalliques.

Les propriétés de résistance à la fatigue des différents matériaux et, en particulier, de presque tous les métaux utilisés en construction, ont fait l'objet de déterminations précises. Il existe des tableaux de toutes les nuances d'acier au carbone qui donnent les limites de fatigue, ainsi que l'influence du recuit, de la surchauffe et de l'érouissage.

De même pour les aciers spéciaux et alliés, ainsi que pour les fontes.

Les relations entre la limite de fatigue des aciers et leurs autres propriétés ont aussi été étudiées, relation de la limite de fatigue avec la limite élastique, la charge de rupture, l'allongement, la résilience, la constitution micrographique.

L'influence des conditions d'application des efforts, de leur nombre et de la cadence d'application, a fait également l'objet de recherches très complètes, notamment l'effet des variations dans l'application des efforts qui peuvent voisiner ou dépasser la limite d'élasticité du matériau employé. Les effets des contraintes extérieures ont été

étudiés, entre autres, celles dues au frettage et au serrage de même que les effets dus aux contraintes internes dues aux dimensions, à la forme, à l'état de surface des pièces et à l'influence des entailles. Il en a été déduit des règles pour l'exécution des filetages, des congés de raccordement, la finition des pièces mécaniques. L'influence des traitements à la forge, du décapage, des traitements électrolytiques a également été étudiée, ainsi que celle, bien connue, des sens des fibres du métal, en long ou en travers. Il a été reconnu que la température a également un effet très marqué, même dans les limites habituelles de sa variation, sur la résistance à la fatigue des aciers.

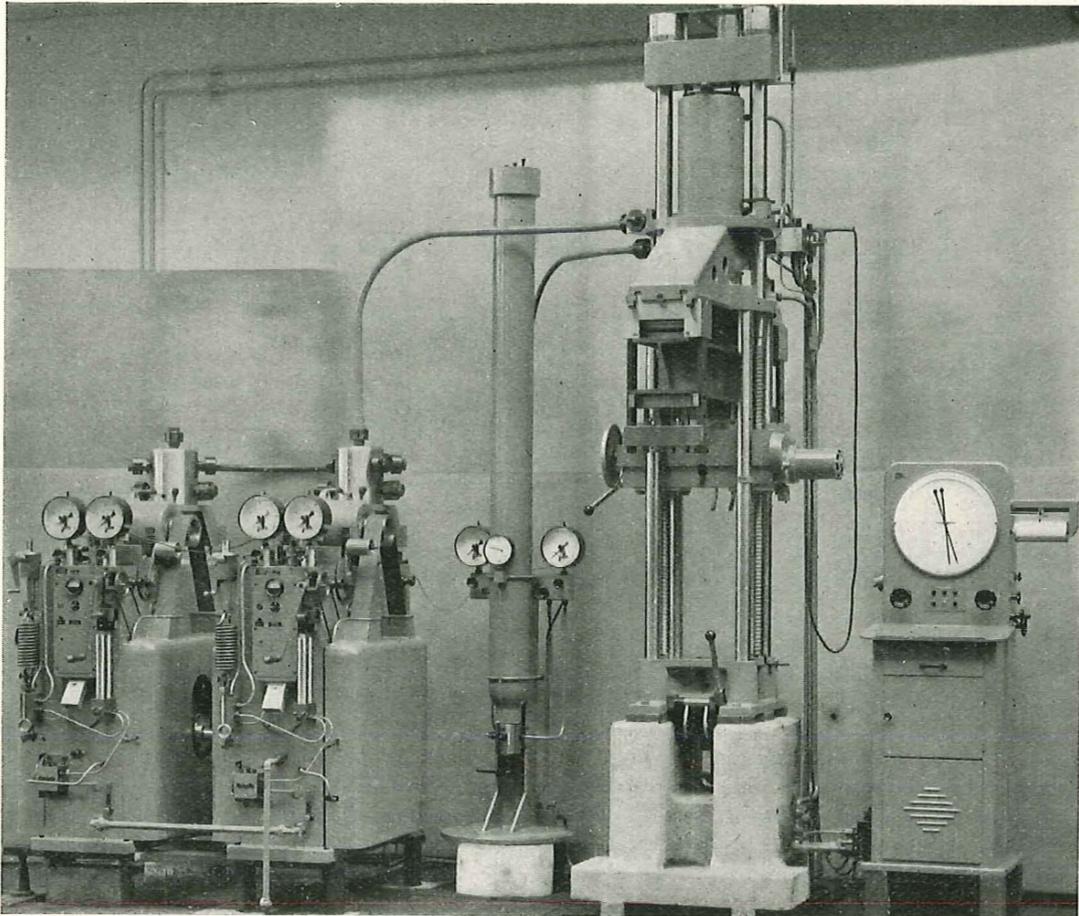
La corrosion a également un effet très sensible suivant que les efforts de fatigue s'exercent sur des pièces préalablement corrodées ou que la fatigue et la corrosion agissent simultanément, auquel cas la résistance des matériaux à la fatigue peut être considérablement réduite. L'azote, l'oxygène, l'hydrogène ont également une influence défavorable sur la résistance à la fatigue des métaux, de même que le fonctionnement sous la pression de ces gaz, alors que le travail dans le vide, plus ou moins relatif, a un effet inverse.

Des études très complètes ont été faites sur les pièces de machines aux fins de déterminer l'effet sur la limite de fatigue de ces pièces apportée par les variations de section, les gorges dans les pièces cylindriques, les trous, la forme des trous et le fraisage des orifices, les congés, les dégagements et, d'une façon générale, sur le dessin des pièces de machines. L'influence des rainures de cales et de clavettes ainsi que de la forme à leur donner a fait l'objet de nombreux essais, ainsi que celle des variations brusques de section, de même que les atténuations qui peuvent être apportées à la résistance à la fatigue des pièces par la pratique d'égalisation des contraintes par les entailles de décharge. Des indications ont été déduites des essais pour la forme et la disposition des rainures et des canaux de graissage. Des améliorations extrêmement intéressantes de la résistance à la fatigue ont été réalisées en allégeant les pièces aux en-

droits de moindre sollicitation ou en changeant la direction des flux de force en changeant la forme des pièces ou en les creusant ou en renflant les contours des évidements.

La résistance à la fatigue des boulons et des goujons a pu être notablement améliorée à la suite des essais qui ont montré que les boulons allégés avaient une endurance presque trois fois supérieure aux boulons cylindriques tels qu'ils avaient été utilisés jusqu'ici dans la résistance des assemblages par boulons, par la suppression des intensifi-

fatigue pour les différentes formes de barreaux soudés et pour les différentes sortes de cordons de soudure. Mais les méthodes utilisées pour obtenir les résultats ne sont pas uniformes. Suivant aussi que les efforts répétés varient de zéro, ou d'une valeur faible, à un maximum ou que les essais se font entre deux valeurs d'efforts représentant l'une la contrainte due aux charges minima et l'autre la tension maximum d'endurance admissible, ou bien que l'on considère la nature de l'endurance sous la forme d'essais de fatigue à écart constant ou



cations locales des contraintes en faisant travailler le boulon uniquement à la traction et en supprimant les déformations dans les filets.

Les essais d'endurance sur assemblages ont conduit à des résultats très intéressants sur les assemblages rivés et les conditions à remplir par les rivets, suivant l'acier qui les constitue et sur les avantages que présentent des rivets en acier extra doux pour l'endurance aux efforts pulsatoires.

D'importants travaux ont été effectués sur les assemblages soudés et ils sont loin d'être terminés. De nombreuses controverses subsistent et ce n'est que par de nombreux autres essais et la pratique du comportement en service que des résultats définitifs pourront être obtenus.

Le problème de la résistance à la fatigue aux efforts pulsatoires des barreaux soudés est plus avancé que celui des assemblages soudés. Il existe des tableaux donnant la valeur de la limite de

tension égale au maximum des tensions dynamiques, les résultats obtenus sont différents et c'est d'après les genres d'assemblage et de sollicitation prévus pour le service qu'il faudra, lors des essais, choisir les valeurs qu'il conviendra de donner aux limites supérieures de fatigue des matériaux prévus.

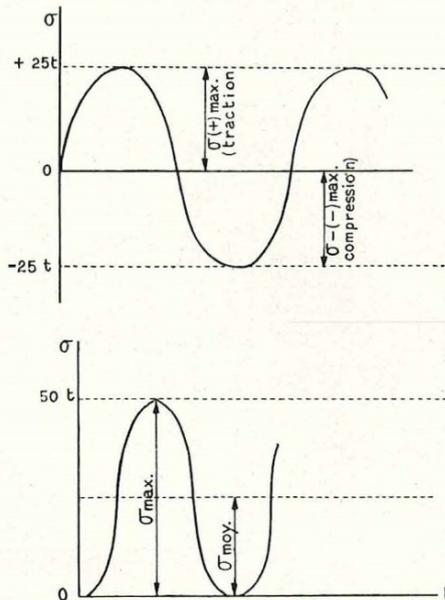
Si l'on passe des barreaux soudés aux assemblages par soudure de profilés, les renseignements existants sont moins complets et le champ des essais est encore considérable dans ce domaine.

Comme on s'en rendra compte par le très rapide et très succinct inventaire donné ci-dessus, la connaissance de la fatigue des métaux s'est déjà considérablement développée et elle permet par une utilisation judicieuse des résultats connus, d'améliorer de notable manière le comportement des pièces de machines et de construction. Mais au fur et à mesure que les connaissances se développent,

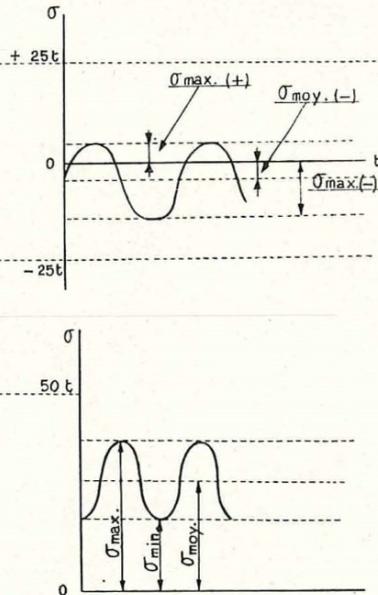
le champ des investigations nécessaires nouvelles s'élargit.

En ce qui concerne les essais à effectuer, ceux-ci sont de deux ordres différents :

- 1) Les essais systématiques pour la détermination précise des valeurs des limites de fatigue,
 - a) des matériaux pour les différentes valeurs des écarts de tension pour toutes les sollicitations alternées et répétées,
 - b) des assemblages couramment utilisés sous les sollicitations les plus courantes (alternées et répétées).



rections de l'espace à la fois et non de se contenter uniquement d'une seule direction des sollicitations. Afin d'obtenir des résultats utilisables directement dans la pratique, il semble que ces essais devront être opérés sur des modèles de grandeur naturelle ou tout au moins sur des assemblages dont les proportions seront telles que les résultats obtenus pourront être appliqués à la pratique de la construction courante des machines et des charpentes. Nous croyons utile de dire à ce sujet que la machine d'essais pulsatoires Amsler de 50 t qui fait l'objet de cet article fait partie d'une installation d'ensemble beaucoup plus grande, destinée à



- 2) Les essais à effectuer se rapportant à des cas particuliers à examiner et portant sur des éprouvettes, des pièces de machines ou des assemblages,
 - a) à la suite d'une rupture de fatigue constatée en service,
 - b) pour construire la pièce ou l'assemblage de façon à prévenir toute rupture de fatigue en service.

Certains milieux scientifiques n'hésitent pas à considérer l'essai de fatigue comme le meilleur moyen d'investigation des défauts internes; c'est aussi notre avis.

Les essais mentionnés au 1) sont le développement de tous les problèmes déjà énumérés ci-dessus qu'il s'agit de compléter et de préciser afin de donner des bases tout à fait solides aux utilisateurs.

Les recherches devront, à notre avis, être également orientées vers la détermination des limites de fatigue dans le cas des états multiples de tension. Dans le cas où il existe des tensions polyaxées, de même que dans les cas où les efforts sont alternés, la limite admissible pour les tensions maxima de service diminue très fortement. Pour les assemblages, il y a lieu d'exécuter également des essais sous des sollicitations dirigées dans plusieurs di-

réaliser ce desiderata, installation qui a été baptisée « GIMED » (grande installation mécanique pour essais de durée), qui a fait l'objet d'une note publiée dans le numéro 2, de 1947, de la revue de l'A.I.B. « Prévention des accidents et Contrôles techniques », et qui est en voie de réalisation à l'A.I.B.

Nous nous occuperons, dans cet article, plus particulièrement des essais mentionnés au 2).

L'étude des mesures de prévention pour éviter la rupture de fatigue et les méthodes à employer seront facilitées en séparant les ruptures de fatigue en deux groupes.

Dans le premier groupe, il y aura rupture de fatigue caractérisée quand celle-ci survient en-dessous d'un certain nombre de répétitions des sollicitations sans qu'un effort anormal ne soit apparu au moment de la rupture. Les cassures en service présentent des aspects divers, mais sont toujours caractérisées par une absence de déformation dans une grande partie de la section et par une section résiduelle fortement déformée qui est celle du dernier stade de la rupture. La première partie de la section a une surface mate et soyeuse qui constitue la cassure de fatigue proprement

dite. La partie de rupture instantanée est caractérisée par un grain cristallin ou à nerf. Ce genre de rupture de fatigue survient généralement en-dessous de cinq millions de répétitions. Ces cassures se produisent assez rapidement d'autant plus que la tension est plus élevée; on y palliera par l'emploi, en tout ou en partie, des mesures suivantes :

- abaissement de la limite maximum de tension admissible;
- introduction dans le dessin de la pièce ou de l'assemblage de notions tenant compte des variations de section, des répartitions défavorables des efforts, des tensions internes, etc...;
- amélioration éventuelle dans le traitement thermique;
- choix d'un matériau plus approprié;
- en changeant la répartition des efforts.

Des précautions seront également à prendre lors de la mise en service et lorsqu'il y aura matière à douter dans l'emploi des procédés d'utilisation ou d'usinage, les examens par les rayons X, les procédés électromagnétiques et les procédés ultrasonographiques devront être appliqués pour déceler les défauts et les anomalies signalées plus haut.

Le deuxième groupe comprendra toutes les ruptures de fatigue qui peuvent se produire au-dessus de cinq millions de répétitions.

Si une rupture de pièce se produit après un nombre de sollicitations beaucoup plus grand que la limite de cinq millions, il y aura de très grandes chances que la cause ne réside pas dans la fragilité propre du matériau composant la pièce, mais dans les circonstances de la sollicitation. Dans certains cas, il pourra y avoir eu des dépassements momentanés de tension maximum admissible (pointes de tension) dans le cas de véhicules soumis à des chocs, par exemple. Lorsque le nombre de ces pointes de tension atteint le point correspondant à la rupture par fatigue sous ces conditions de sollicitations accrues, la pièce cassera.

Il y aura donc lieu soit de remplacer la pièce avant ce moment et il pourra être déterminé en prenant un diagramme des efforts subis en service par la pièce; on pourra également chercher à réduire soit l'importance (ressorts), soit le nombre de ces efforts exagérés par une amélioration des conditions de service, soit enfin à dimensionner la pièce pour y résister. Des essais de fatigue sous les écarts de tension en service seront dans ce cas d'une très grande utilité, surtout lorsque le dessin de la pièce pourra être amélioré.

Par contre, il n'y aura généralement pas de remède contre les sollicitations inattendues, sinon que l'examen en service à des intervalles de temps fixés par l'expérience. Ici, les examens non destructifs (procédés électromagnétiques, ultra-sons, rayons X, rayons γ , voire la spectro-radiographie) et les examens usuels par sondage au marteau ou examen visuel au moyen de l'huile ou par sablage ou par fluorescence, pourront rendre de très grands services.

Les ruptures de fatigue débutent généralement par une fissure microscopique qui crée un effet d'entaille augmentant la tension de service de la pièce. A partir de ce moment, le processus de la destruction se poursuit plus ou moins vite, mais inexorablement. Les nombreuses observations sur les pièces rompues par fatigue ont permis d'attribuer ces ruptures suivant le caractère qu'elles présentent, aux conditions de sollicitation qui ont provoqué la cassure (flexion plane, unilatérale ou bilatérale, flexion rotative, torsion, surcharges accidentelles, corrosion ou action chimique).

Lorsque la rupture a nécessité un temps assez long après l'apparition de la fissure initiale, la cassure présente généralement des stries dues aux temps d'arrêt manifestés dans la propagation de la rupture. Les cassures sous forte charge sont généralement décelables également.

Des essais complémentaires (dureté, résilience, examen métallographique, etc...), effectués sur le métal de la pièce rompue pourront donner aussi de précieux renseignements et préciser la marche à suivre pour assurer la sécurité (traitement thermique approprié en cours de service, par exemple).

Lorsqu'il s'agira de ruptures de corrosion, la sécurité pourra être recherchée par l'emploi de revêtements protecteurs quand la chose sera possible ou, mieux encore, par une amélioration de la lubrification.

L'usure se trouvera généralement assez facilement et également les moyens à employer pour la réduire.

De toute façon, il faudra toujours chercher à évaluer le plus exactement possible les efforts qui naîtront au cours du service de l'installation en cause et aussi rechercher quelles auraient pu être les perturbations apportées à ces efforts par des circonstances accessoires telles que les modifications dans les constantes de l'installation (affaissement d'un palier par exemple, dans le cas de rupture d'un arbre de machine, augmentation du nombre de chocs dans le cas d'un véhicule par suite du mauvais état des voies) ou dans la nature des pièces (écrouissage en service, par exemple).

Il y aura cependant toujours de grandes difficultés de chiffrer exactement les contraintes dues aux tensions internes d'élaboration, d'assemblage, de montage ou à la soudure.

Il sera aussi très souvent difficile, malgré que des travaux remarquables aient été faits, entre autres sur les méthodes de calcul des pièces de machines d'après les indices d'entaille et les indices de sensibilité, d'évaluer les contraintes dues aux changements de section, aux dilatations ou aux retraits se produisant en service et d'une façon générale pour tous les facteurs difficilement accessibles au calcul, y compris les effets de choc et les efforts d'inertie.

C'est pour cela que, d'après nous, les résultats les plus positifs seront toujours obtenus par des essais de fatigue.

Les essais devront toujours être précédés :

- d'une étude approfondie des conditions de sollicitation de l'assemblage;

- d'une étude approfondie des conditions de sollicitation des pièces formant l'assemblage (dessin des pièces);
- d'une étude des matériaux servant à la constitution des pièces (élaboration, traitement thermique, finissage).

Tenant compte de ce qui est dit ci-dessus concernant la difficulté d'évaluer les tensions accessoires, il semble que, afin d'obtenir un résultat le plus rapidement possible, que ces essais de fatigue devraient être effectués entre les limites suivantes :

- a) *limite supérieure*, suivant la nature du service envisagé et la nature des assemblages, un certain nombre d'unités en moins que la charge de rupture statique de l'assemblage déduite du calcul ou du matériau d'après ses caractéristiques;
- b) *limite inférieure*, qui sera égale à la limite supérieure définie ci-dessus moins la grandeur attribuée par le calcul ou l'expérience aux *tensions dynamiques de service*.

Si les évaluations et les calculs ont été bien conduits, on pourra ainsi obtenir un résultat définitif avec un seul essai ou tout au moins avec un petit nombre d'essais en réduisant chaque fois, lors de l'essai suivant, la tension minimum et en conservant l'écart constant entre celle-ci et la tension maximum nouvelle, et obtenir une sécurité de fonctionnement complète pour l'assemblage ou la pièce considérés.

On n'opérera de cette façon en effet que sur des grandeurs connues. La charge de rupture statique peut généralement se déterminer facilement par les essais ou par le calcul puisque dans celui-ci n'entrent que des données absolument certaines. On élimine ainsi la difficulté de rechercher toutes les tensions difficilement chiffrables dont il a été question plus haut. A noter que l'on se place ainsi dans les conditions les plus favorables pour la résistance à la fatigue, car on relève notablement la tension maximum de fatigue admissible, compte tenu des tensions dynamiques quand on réduit la grandeur des écarts entre les minima et les maxima de tension.

Des renseignements extrêmement intéressants pourront aussi être ajoutés à ceux déduits des essais par la mesure des tensions réelles se produisant dans les modèles au cours de l'essai par l'emploi des appareillages connus (tensomètres, strain gauge).

Bien entendu, toutes les précautions devront être prises pour se mettre dans les conditions autant que possible identiques ou semblables à celles qui se passent dans la pratique, en particulier relativement à la mise sous charge pulsatoire progressive par le choix du nombre de cycles de pulsation à choisir avant d'arriver aux tensions maxima et minima.

Ci-dessous, nous donnons les dimensions des pièces qui peuvent être amarrées dans la machine d'essai de 50 t :

traction et compression :	
longueur utile pour l'essai	1000 mm
espace libre entre les colonnes	350 mm

section sur appui pour la compression	120 × 120 mm
flexion :	
écartement maximum entre appuis externes	1400 mm
hauteur possible pour l'éprouvette	320 mm
largeur possible pour l'éprouvette	280 mm
flèche maximum	165 mm

La course pulsatoire maximum est de 12 mm.

L'usinage de l'éprouvette qui est à effectuer par l'intéressé, dépend de la nature des essais suivant qu'il s'agit d'essais alternés ou d'essais répétés.

S'il s'agit d'essayer des assemblages, il y aura lieu de prévoir un amarrage dépendant de leur forme et de leur constitution. Les laboratoires de l'A.I.B. donneront à ce sujet toutes précisions utiles dans chaque cas particulier.

Description de l'installation.

L'installation comprenant le pendule dynamométrique, la machine de 50 t, l'accumulateur et le pulsateur doit être considérée au point de vue des essais qui peuvent être effectués d'après les groupements de ces différents éléments.

Ainsi, pour des essais statiques, soit ceux où l'effort ne sera développé progressivement que dans un sens, il ne faut prendre en considération que le groupe pendule dynamométrique et machine de 50 tonnes.

Pour des essais dynamiques, c'est l'ensemble, soit pendule dynamométrique, machine de 50 tonnes, accumulateur et pulsateur, qui devra entrer en jeu si les essais doivent donner lieu à des charges alternées et seulement le pulsateur et la machine de 50 tonnes pour des efforts répétés.

Le pendule dynamométrique comprend la pompe à huile qui développe la pression nécessaire à la machine, l'effort étant mesuré par le pendule qui entraîne l'aiguille indicatrice du cadran, c'est-à-dire qu'à tout instant, on connaîtra la charge développée sur l'éprouvette essayée, — un cylindre à diagramme permettant d'enregistrer les efforts et les déformations, — un régulateur de pression permettant de maintenir la charge constante.

Le pendule présente plusieurs sensibilités qui sont dépendantes de la masse du pendule et de sa longueur.

Le tout se présente sous la forme d'une armoire à pupitre, sous lequel est logé l'appareillage électrique.

La mise en marche de la pompe à huile et son arrêt sont commandés par boutons poussoirs. Des relais à maximum d'intensité protègent le moteur contre une surcharge prolongée.

L'armoire comporte également deux robinets, l'un permettant la mise sous charge et l'autre, de remettre la machine à son point de départ par ouverture du retour de l'huile vers son réservoir.

La machine de 50 tonnes porte à sa partie supérieure le cylindre de presse sur le piston duquel repose une traverse. Celle-ci est munie à ses extré-

mités de deux tiges filetées sur leur plus grande longueur et dirigées vers le bas.

Sur ces tiges, peut se déplacer une traverse mobile.

Le cylindre de presse comporte un prolongement vers le bas pour former un deuxième cylindre dans lequel est logé un deuxième piston dont l'action est dirigée vers le bas.

L'ensemble constitué par les deux cylindres est logé dans la traverse supérieure de forme trapézoïdale qui repose sur le bâti par quatre colonnes.

Cette traverse porte à sa face inférieure deux jeux de couteaux déplaçables à régler d'après la longueur des éprouvettes à soumettre à des essais de flexion. Au milieu, peut être monté, avec ou sans rallonge, un plateau d'appui pour essais de compression ou bien l'une des échasses qui, dans les essais dynamiques alternés, transmettent l'effort exercé sur le piston du cylindre inférieur.

La traverse mobile est construite pour recevoir, vers le bas, les pièces d'amarrage, ou sur sa face

cées sur le piston du cylindre inférieur de la machine de 50 tonnes.

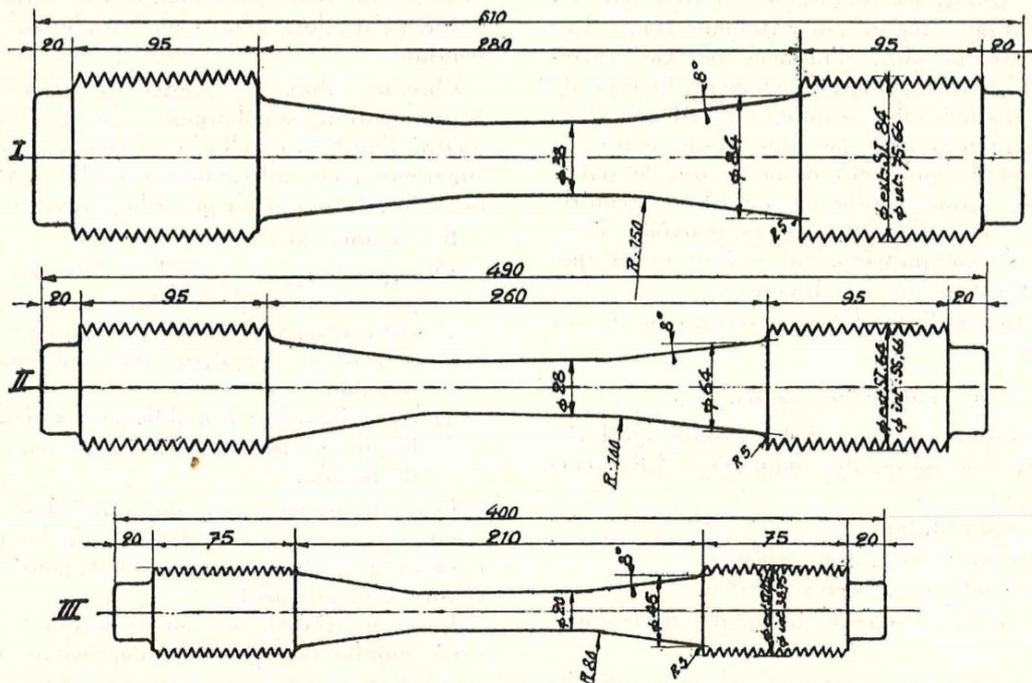
Nous en venons enfin au pulsateur qui comprend une pompe de refoulement d'huile, avec cloche à air comprimé, alimentant le cylindre de la pompe à pulsations. Celle-ci peut donner 250 ou 500 cycles par minute. L'amplitude des pulsations est réglable, car la course du piston de la pompe à pulsations peut être modifiée en agissant sur un secteur commandé par manivelle.

* * *

Les éprouvettes ou pièces à soumettre aux essais doivent répondre à certaines conditions.

Pour tous les essais statiques ou dynamiques, en comprenant sous dynamiques ceux sous charges répétées ou sous charges alternées, les éprouvettes pour essais de flexion seront semblables.

Elles devront être bien droites, offrir des surfaces d'appui satisfaisantes et avoir une certaine hau-



Éprouvettes pour essais d'endurance.

Types I, II, et III.

supérieure, soit un plateau compresseur, soit un couteau.

Le bâti, qui constitue la traverse inférieure, est conçu pour recevoir vers le haut, les pièces d'amarrage.

Sous ce bâti, peut prendre place un vérin.

Le troisième appareil est constitué par l'accumulateur, qui n'est qu'une grande bonbonne, chargée de préférence d'azote, placée verticalement, l'ogive vers le bas, et remplie d'huile à sa partie inférieure. L'azote sous pression ne doit jouer qu'un rôle de ressort. Cet accumulateur comporte trois manomètres, l'un donnant la pression de l'azote, les deux autres, les charges limites exer-

teur et un minimum de longueur. Elles sont limitées en hauteur et largeur.

Pour les essais statiques, ou sous charges répétées, on pourra en outre procéder à des essais :

- a) de traction sur éprouvettes plates et sur celles terminées par des bouts en cylindre droit. La longueur des parties à saisir entre les mordaches ou les coins sera au moins égale à la longueur de ceux-ci, soit environ 12 cm. La partie restant libre entre mordaches ne pourra descendre sous un certain minimum (environ 20 cm);
- b) de traction sur éprouvettes à épaulement. Pour celles-ci, les extrémités devront pouvoir s'adapter aux bagues pouvant être mon-

tées dans les têtes d'amarrage. Il est possible d'opérer sur éprouvettes assez courtes;

- c) de compression sur éprouvettes dont les faces extrêmes seront suffisamment parallèles et présenteront une section de 12×12 cm au maximum.

Pour des essais dynamiques alternés, nous aurons ceux de flexions alternées et ceux combinant la traction avec la compression.

Pour les flexions, l'éprouvette sera, comme déjà dit, la même que pour un essai ordinaire à la flexion.

Pour les efforts alternés de traction et de compression, les éprouvettes devront pouvoir :

- 1) être amarrées d'une part comme les éprouvettes pour essais statiques de traction;
- 2) être également prises entre le vérin inférieur et une échasse.

Pour les éprouvettes lisses, il faudra donc que les parties venant entre les coins soient plus longues que ceux-ci.

Pour les éprouvettes rondes, il y a trois jeux de mors d'amarrage, chaque mors formant écrou. Les éprouvettes seront donc terminées par des extrémités filetées correspondant exactement au type de mors pour lequel elles auront été usinées. Ces éprouvettes se terminent par une petite partie en cylindre droit de plus petit diamètre que la partie filetée. Elles seront conformes au plan ci-contre. C'est sur ces extrémités que devra pouvoir s'exercer l'effort de compression, car il faut éviter que celui-ci soit exercé sur les filetages.

Le plan fig. 2 donne les caractéristiques de ces éprouvettes.

Exécution des essais.

Il résulte de ce qui vient d'être exposé, qu'il y a à considérer trois séries de manœuvres. Elles correspondent à :

- I. — L'essai statique.
- II. — L'essai sous charge répétée.
- III. — L'essai sous charges alternées.

L'exposé suivant donnera un aperçu de ces manœuvres.

Il y a lieu de noter avant tout que trois robinets principaux occuperont des positions déterminées soit pour les essais statiques soit pour les essais dynamiques : l'un sur la conduite générale de retour d'huile provenant des fuites des deux robinets dont il sera question ensuite, de celles du cylindre supérieur de la machine de 50 t, de la décharge par fin de course ou par excès de pression au dit cylindre.

Lors d'un essai statique, le retour est assuré vers le réservoir du pendule dynamométrique tandis que lors d'un essai dynamique, le retour est assuré vers le réservoir du pulsateur.

Les deux autres robinets sont situés de part et d'autre du cylindre supérieur de la machine de 50 tonnes.

Celui du côté du pendule assure la liaison directe du cylindre supérieur au robinet de décharge du pendule lors d'un essai statique tandis que lors d'un essai dynamique, il donne communication

entre ledit cylindre et les deux chambres à soupape à bille en liaison avec les manomètres à pression maximum et à pression minimum placés sur le pulsateur.

Celui situé du côté du pulsateur coupe la communication du cylindre supérieur avec le pulsateur pendant un essai statique et n'établit celle-ci que pendant un essai dynamique.

Signalons encore que la conduite de refoulement d'huile sous pression du pendule se divise en deux branches munies de robinets. L'un permet, par ouverture, d'alimenter le cylindre supérieur de la machine de 50 t, pour les essais statiques, l'autre, s'il est ouvert, donnera la possibilité de mettre l'accumulateur sous charge et d'alimenter le cylindre inférieur de la machine de 50 t.

Manœuvres pour un essai statique.

L'on s'assure que les trois robinets principaux se trouvent dans la position voulue pour un essai statique et que le robinet permettant de mettre le cylindre inférieur sous charge est fermé.

On peut alors mettre en marche la pompe du pendule.

Ouvrant alors le robinet de manœuvre situé à main droite sur l'armoire du pendule, on admettra l'huile au cylindre supérieur. Si le piston supérieur a été suffisamment soulevé, on le maintient en position et on place l'éprouvette.

Il y a trois cas :

- 1) entre traverse mobile et traverse inférieure pour un essai de traction;
- 2) entre traverse mobile et la partie médiane de la traverse supérieure pour un essai de compression;
- 3) entre la traverse mobile et les parties latérales de la traverse supérieure pour un essai de flexion.

Dans le premier cas, on aura placé préalablement les coins et mordaches ou bien les têtes d'amarrage spéciales à coussinets pour éprouvettes rondes à épaulements.

Dans le second cas, on aura placé sur la traverse mobile son plateau compresseur, tandis que le plateau compresseur supérieur aura été attaché soit au support fixé au milieu de la traverse, soit à la rallonge fixée au dit support suivant que l'éprouvette est longue ou courte.

Dans le troisième cas, la traverse mobile recevra le couteau médian, les deux autres portés par la traverse supérieure étant placés à égale distance du milieu d'après la longueur de l'éprouvette.

La position de la masse du pendule et cadran auront été placés pour la sensibilité choisie en rapport avec l'effort à développer lors de l'essai.

L'éprouvette ayant été mise en place, il suffira, la pompe étant en marche, d'agir sur le robinet de manœuvre pour augmenter la pression du cylindre supérieur de la machine et provoquer le déplacement du piston.

L'essai terminé, par rupture de l'éprouvette ou après avoir atteint la charge d'épreuve prescrite, on ferme le robinet de manœuvre et l'on ouvre le

robinet de décharge situé à main gauche sur l'armoire du pendule.

La pression retombe à zéro et l'éprouvette pourra être retirée.

Manœuvre pour un essai sous charge répétée.

Les éprouvettes occuperont les mêmes positions que pour un essai statique. L'amarrage sera le même pour les essais de compression et de flexion. Pour les essais de traction, quelques précautions sont à prendre :

- a) pour les éprouvettes lisses (plates ou à queues cylindriques), un carton devra être interposé entre les têtes d'amarrage et les coins;
- b) pour les éprouvettes à épaulements, on ne pourra faire usage que de têtes complètement fermées, ceci pour éviter les projections des bagues dans le local.

Les robinets principaux seront placés dans la position requise pour les essais dynamiques. L'essai sera effectué uniquement à l'aide du pulsateur. A la mise en marche, on aura à choisir entre les fréquences de 250 ou de 500 cycles à la minute par la position à donner à la manette de manœuvre.

La pompe d'alimentation du pulsateur fournira l'huile nécessaire au cylindre supérieur de la machine de 50 tonnes.

La charge inférieure sera lue sur le manomètre placé à gauche sur le pulsateur et on réglera la pression en agissant sur la manette également placée à gauche en tendant plus ou moins le ressort agissant sur le débit de la pompe. Cette charge atteinte, on réglera la charge supérieure par la manivelle située à droite, la pression étant lue sur le manomètre placé à droite sur le pulsateur. En manœuvrant cette manivelle, on modifie la course du piston du pulsateur ce qui fait, puisque l'on doit partir de la position 0, que cette pression augmentera progressivement. Une fois la pression maximum imposée atteinte, il suffit de surveiller les pressions limites et de les régler soit en agissant sur les robinets placés sous les manomètres, soit sur la course du piston. Ces manomètres sont munis d'une aiguille à contact. Elle sera réglée de manière qu'un excès de charge ou bien une charge inférieure trop faible, tout comme la perte de charge par rupture d'éprouvette, donnent lieu à rupture de courant et par conséquent à l'arrêt du pulsateur. Le nombre de pulsations est indiqué par un compteur dont l'unité équivaut à 100 pulsations.

Manœuvre pour un essai sous charges alternées.

En dehors des essais de flexion on ne pourra faire que des essais sur éprouvettes à queues filetées à fixer dans des amarres spéciales à écrous de serrage ou sur éprouvettes pouvant être prises directement par coins de serrage.

Pour les flexions, on fixe dans la partie centrale de la traverse supérieure de la machine de 50 t, le porte-couteau médian complémentaire qui recevra l'effort transmis par le piston du cylindre inférieur.

Les couteaux inférieurs formant appuis extrêmes se trouvent sous les couteaux extrêmes supérieurs et seront fortement serrés sur l'éprouvette. La traverse mobile munie de son couteau médian sera amenée à son tour en contact avec l'éprouvette.

Pour les essais de traction-compression, on aura à placer les coins ou les amarres à mors filetés, on y placera l'éprouvette et l'on mettra sous légère tension. On resserrera encore les amarres puis on placera par dessous la traverse inférieure, le vérin qu'on serrera à fond et dans la traverse supérieure, on fixera l'une des échasses appropriée à la longueur de l'éprouvette et on comprimera l'éprouvette par le haut.

L'éprouvette étant fixée, on aura à régler les charges. Il faut d'abord charger l'accumulateur.

Les trois robinets principaux doivent être dans la position requise pour les essais dynamiques.

Les robinets placés sur la conduite de refoulement de la pompe du pendule sont celui vers le cylindre de la machine de 50 t fermé et celui vers l'accumulateur ouvert. On met en marche la pompe du pendule qui fait augmenter la pression de l'accumulateur et met le cylindre inférieur sous pression. Cette pression ne devant pas varier au cours d'un essai, on dispose à cet effet du mainteneur de charge dont les commandes sont placées sur la face droite de l'armoire du pendule.

Lorsque le réglage est obtenu, l'huile doit s'écouler en un mince filet au regard placé à la face avant à gauche sur l'armoire du pendule. La pression obtenue se lit sur les manomètres placés à droite et à gauche de l'accumulateur. La charge exercée par le piston inférieur ne peut dépasser vingt-cinq tonnes. Ce réglage terminé, on met en marche le pulsateur en tenant compte du nombre de cycles demandés, à la minute. On réglera les pressions de la même manière que pour les essais sous charge répétée. On choisira la pression inférieure de manière à ce qu'elle ne soit pas fort élevée et que la différence entre celle-ci et celle de l'accumulateur donne la charge positive imposée tandis que le manomètre de droite du pulsateur devra indiquer la somme donnée par la charge positive, celle de l'accumulateur et celle de la charge négative imposée. Ce total ne pourra dépasser 50 tonnes. Le compteur indiquera 100 pulsations par unité.

En cas de rupture, le courant sera coupé par les relais et le pulsateur cessera de fonctionner.

La marche peut donc être continue et ne demandera pas une surveillance constante. Il n'y aura, après un certain temps de mise en marche, qu'à procéder à un réglage des pressions par suite de l'échauffement de l'huile.

Conclusions :

Cette machine constitue un merveilleux engin pour tous les essais et toutes les recherches sur l'endurance des pièces de machine, de construction et des assemblages, ainsi que sur la soudure des pièces et des petits assemblages de charpentes soudées : en combinant son emploi avec celui des méthodes d'examen de la sécurité des matériaux par

les procédés radiographiques, par les examens au moyen des rayons γ , par les ultrasons, par les procédés électromagnétiques, par l'utilisation de la microradiographie, de la spectroradiographie et des examens micro et macrographiques, l'A.I.B. met ainsi à la disposition des intéressés un ensemble de moyens encore accru pour assurer la sécurité dans la construction.

Nous sommes convaincus que cette installation vient à son heure et qu'il en sera fait un grand

usage. Les services de l'A.I.B. sont à la disposition des intéressés pour étudier tout problème relatif aux essais d'endurance qui pourrait leur être soumis.

Pour terminer disons que cette installation est la propriété commune de l'I.R.S.I.A. et de l'A.I.B. et qu'il est prévu dans le programme commun de leurs études que l'installation sera par priorité à la disposition des Etablissements et des chercheurs subsideés par l'I.R.S.I.A.