



VOITH
GETRIEBE·KG
HEIDENHEIM

LA TRANSMISSION
HYDRO-MÉCANIQUE
ENTIÈREMENT AUTOMATIQUE
DIWABUS

et ses Applications sur Route et sur Rails

1414 f



**La Transmission Hydro-Mécanique
entièrement automatique**

" DIWABUS "

et

ses applications sur route et sur rails

Conférence faite à Paris le 22 Mai 1957

par

M. Gewitsch-Gachet

Avant-propos

La transmission hydro-mécanique entièrement automatique DIWABUS est l'une des dernières réalisations de la Société VOITH.

A l'heure actuelle, en dehors de cette transmission DIWABUS, environ 5800 autres transmissions hydrauliques VOITH - allant de moins de 100 CV à 1400 CV par unité - sont en service dans à peu près tous les pays du monde, les premières depuis 23 ans, équipant des autorails, des locotracteurs et des locomotives Diesel.

Elles ont permis à la Société VOITH d'acquérir une expérience considérable dans ce domaine et de l'inciter plus récemment à étudier le problème particulièrement difficile de la réalisation d'une transmission continue et automatique pour autobus et autocars.

Alors qu'il y a quelques années, les techniciens avertis des questions de transmission pensaient que l'emploi d'une boîte de vitesses entièrement automatique sur un véhicule poids lourd était un luxe, que seules les conditions économiques américaines pouvaient permettre, et qu'il ne pourrait en être question en Europe, on est arrivé depuis à la conclusion qu'au contraire il fallait alléger la tâche du conducteur de PL et tout particulièrement du conducteur d'autobus urbains, en simplifiant les passages de vitesse, et même qu'il valait mieux trouver une solution pour les en débarrasser complètement. L'augmentation continue et rapide de la densité du trafic, surtout dans les grandes villes, demande en effet de la part du conducteur responsable toujours davantage d'attention et il devient de plus en plus nécessaire de lui faciliter au maximum son travail de conduite.

En outre, l'obligation d'augmenter la vitesse moyenne de ces véhicules sans pouvoir jouer sur leur vitesse maximum, et ceci pour leur permettre de s'adapter à la cadence de circulation sur les voies à feux synchronisés, exige aussi que les transmissions soient automatiques.

La solution idéale du vieux problème qui existe depuis la naissance des véhicules à moteurs - l'adaptation des conditions de fonctionnement à couple relativement constant du moteur à combustion aux besoins au contraire très variés du véhicule, dont le couple résistant varie dans des proportions importantes - n'est pas des plus simples sur le plan technique.

Un grand pas en avant vers la solution de ce problème a été sans nul doute fait au début du siècle par l'inventeur du transformateur de couple hydraulique, le professeur FÖTTINGER.

Tandis qu'en Europe la firme VOITH se spécialisait dans l'utilisation presque exclusive du transformateur de couple sur le matériel ferroviaire à moteur Diesel - autorails, locotracteurs, locomotives de moyenne et de grande puissance -, les Américains, eux, se lançaient dans les 20 dernières années dans l'adaptation de la transmission hydraulique aux véhicules automobiles.

C'est seulement ces toutes dernières années que des transmissions hydrauliques pour automobiles et surtout pour poids lourds sont apparues en Europe; elles se révèlent d'ailleurs - sur le plan du rendement - très supérieures aux solutions américaines.

Contrairement à ce qui se passe dans les transmissions hydrostatiques, où l'on utilise la pression statique d'un liquide, le groupe des transmissions hydrodynamiques utilise les forces qui résultent des variations de la vitesse d'un liquide en mouvement. Il comprend les coupleurs et les transformateurs de couple. L'élément essentiel de toute transmission hydraulique reste toujours le transformateur de couple FÖTTINGER.

Tandis que le coupleur transmet un couple sans le changer, le transformateur de couple, lui, adapte ce couple à la résistance fournie par la machine entraînée; il le multiplie plusieurs fois si nécessaire, la vitesse se réduisant alors, ou le réduit au contraire, la vitesse allant dans ce cas en augmentant.

Cliché 1

Le transformateur de couple comprend toujours une partie primaire qui absorbe la puissance qui lui est fournie par le moteur et qui est en fait la roue d'une pompe centrifuge, dont le rôle est de communiquer une certaine accélération à une masse fluide. Selon la loi de Newton, une force est le produit d'une masse par son accélération. La masse est représentée sur le schéma du cliché 1 par les litres de liquide circulant par minute dans la pompe. Cette masse est envoyée dans une turbine où elle se ralentit. Un couple naît de ce ralentissement; il est utilisé dans le cas représenté ici à faire tourner une hélice. On a ainsi une transmission où le couple et la vitesse peuvent être transformés.

Le rendement d'une transmission ainsi réalisée sera toutefois très faible et tout à fait inacceptable pour une transmission moderne. En effet, si l'on admet, pour la pompe et pour la turbine, des rendements unitaires de 0,85 et que l'on tienne compte en outre des pertes de charge dans les tuyauteries, on arrivera à un rendement global qui atteindra à peine 0,60. C'est ici qu'intervient l'invention de FÖTTINGER qui a eu l'idée de réunir la pompe et la turbine dans un carter commun, supprimant tuyauteries, coudes, spirales et toutes les parties annexes et réalisant une transmission capable de transformer un couple avec un rendement tout à fait satisfaisant, puisque les pertes de charge et celles dues au frottement sont supprimées et que l'énergie, communiquée au fluide par une roue-pompe, est reprise immédiatement par les aubages de la roue-turbine qui l'entoure.

Cette disposition est représentée schématiquement au centre du cliché 1. Elle permet en outre une construction économique et un encombrement réduit. On voit la roue-pompe, la roue-turbine et enfin un troisième élément - les aubages fixes de réaction - qui différencie essentiellement le transformateur du coupleur et qui permet la transformation du couple.

Cliché 2

Ici, la coupe schématique d'un transformateur de couple: les 3 éléments sont nettement visibles.

En outre, on a représenté, à droite, des coupes par les aubages de la turbine montrant la marche des filets liquides pour différentes conditions de fonctionnement. Sur la coupe du haut, la turbine est supposée arrêtée. Le fluide est renvoyé complètement sur le côté par l'inclinaison des aubes encore à l'arrêt. Cette déviation en sens opposé à celui de la marche crée un ralentissement important de la masse liquide qui communique à la turbine un couple de démarrage plusieurs fois supérieur au couple pris par la pompe. On voit, sur le diagramme en haut à gauche, les courbes correspondantes: M'1 représente le couple primaire absorbé par la pompe, M'2 représente le couple fourni par la roue-turbine en fonction de sa vitesse. A la vitesse zéro, ce couple est dans le cas présent environ trois fois le couple de la pompe. Sous l'action de ce couple, la roue-turbine se met à tourner et, au fur et à mesure que sa vitesse augmente, la déviation des filets du fluide devient de moins en moins grande, son ralentissement diminue et le couple communiqué à la turbine devient plus faible.

On voit, sur la deuxième coupe du centre, la direction du fluide lorsque la vitesse de la roue-

turbine est devenue normale. Le fluide, qui était rejeté tangentiellement vers le côté lors du démarrage s'échappe maintenant suivant les rayons: le couple secondaire est égal au couple primaire. C'est le point où les courbes M 2 et M 1 se coupent.

Si la vitesse de la roue-turbine continue à augmenter, le couple diminuera encore pour devenir nul en ce qu'on appellera le point de passage. Au-delà de ce point, le couple devient négatif et exerce un effet de freinage sur la roue-turbine. La troisième coupe représente la direction du fluide qui, à ce moment, s'échappe dans le sens de la marche, tendant donc à ralentir la roue.

Les aubages fixes reprennent les filets liquides dont les directions à la sortie de la roue-turbine sont très variables et les renvoient sous un angle constant à la roue-pompe. Le fluide exerce par conséquent sur ces aubages un couple qui correspond à la différence entre le couple de la pompe et celui de la turbine.

L'allure des courbes de couple, représentée à gauche en haut sur le schéma du cliché 2, montre l'absence de liaison entre le couple primaire et le couple secondaire, et montre en outre que les caractéristiques d'un transformateur sont les mêmes que celles d'un moteur électrique de traction à courant continu.

Le transformateur de couple constitue donc un variateur de vitesse continu, dans lequel le couple de l'arbre de sortie s'adapte automatiquement à la résistance rencontrée.

Lorsque la vitesse n de la roue-pompe est modifiée, les conditions de marche étant égales, c'est-

à-dire les rapports de vitesse entre roue-pompe et roue-turbine restant inchangés, on constate que:

- a) la puissance transmise N varie comme le cube de cette vitesse, ce que traduit la première des quatre formules en bas à droite du cliché 2. Cette puissance est, en outre, proportionnelle à la cinquième puissance du diamètre D et à un coefficient k .
- b) le couple M varie comme le carré de cette vitesse, ce que traduit la deuxième formule.
- c) la vitesse secondaire est proportionnelle à la vitesse de la roue-pompe.

Sur le diagramme en haut à gauche, on a représenté les courbes de couples primaire et secondaire correspondant à diverses vitesses de la roue-pompe: en trait mixte, pour 80 % de la vitesse maximum, et en dessous, les plus basses pour seulement 40 % de cette vitesse. Il est facile de voir que la capacité du transformateur varie considérablement avec la vitesse du primaire, c.-à-d. avec celle du moteur.

Le rendement - rapport de la puissance à la sortie à celle à l'entrée - est donné par la troisième formule $(M_2 \cdot n_2)/(M_1 \cdot n_1)$, c.-à-d. qu'il est égal au produit du rapport des couples M_2/M_1 par le rapport des vitesses n_2/n_1 .

Comme dans toutes les machines hydrauliques, le rendement maximum dépend de la formule de Reynolds, c.-à-d. des dimensions, de la qualité de la surface des aubages et de la viscosité du fluide. Le rapport de la vitesse de la turbine à celle de la pompe, rapport pour lequel le transformateur a été calculé, joue aussi un rôle. En pratique, le rendement maximum est de l'ordre de 90 %. La courbe de rendement

correspondant à la vitesse normale de la roue-pompe est représentée, en bas à gauche du cliché 2, par un trait plein. Lorsque l'on réduit la vitesse de la roue-pompe, la courbe de rendement se déplace vers la gauche, son maximum restant toutefois inchangé.

Cliché 3

Voici la réalisation pratique d'un transformateur: au centre, roue-pompe - à droite, roue-turbine - à gauche, aubages fixes.

Le transformateur de couple constituerait donc fondamentalement la transmission idéale pour un véhicule à moteur, avec une variation de vitesse continue et automatique, s'il n'avait pas les inconvénients décrits aux points suivants:

- Le rendement, comme on vient de le voir, varie en fonction de la vitesse du secondaire, donc de celle du véhicule, suivant une courbe d'allure parabolique, dont le point le plus élevé correspond à une vitesse donnée, celle pour laquelle les aubages ont été établis. Ce rendement maximum est naturellement limité, il est de l'ordre de 90 %. Pour les vitesses situées en-dessous ou en-dessus de ce point, ce rendement diminue; il est de zéro à la vitesse nulle et à la vitesse de passage, c.-à-d. à la vitesse où la turbine ne donne plus de couple et tourne donc librement. Si l'on diminue la charge du moteur, donc sa vitesse, pour la ramener à la moitié par exemple, la zone des vitesses secondaires utilisables se réduit également de moitié, et l'on pourra marcher à ce moment

pour une vitesse donnée avec un rendement moins bon et même dans une partie où le couple secondaire est négatif, c.-à-d. dans la zone où la turbine exerce un freinage.

- L'utilisation de l'élasticité du moteur n'est, en raison de la constance du couple absorbé par le primaire lorsque la vitesse secondaire varie, que partielle ou pas du tout possible.
- Pour ces raisons, on doit, lorsque l'on dépasse la vitesse où le rendement est encore acceptable, abandonner le transformateur de couple et le relayer soit, comme on le fait dans les transmissions de locotracteurs ou de locomotives de plus grandes puissances, par un ou deux autres circuits hydrauliques, qui seront eux-mêmes des transformateurs de couples ou des coupleurs, soit par des liaisons mécaniques, ce qui, pour des raisons d'encombrement ou de prix, reste la seule solution possible pour des véhicules routiers. Il faut alors placer à la suite du transformateur de couple une ou plusieurs vitesses mécaniques, et, pour des raisons de rendement, limiter la zone des vitesses dans lesquelles on l'emploie pour passer très rapidement sur cette transmission mécanique. Dans ces conditions, on ne profitera des avantages du transformateur - adaptation automatique de la vitesse et du couple, variation continue, souplesse et amortissement des vibrations - que dans une zone de vitesse limitée qui représentera seulement 30 à 40 % du total, le restant étant alors couvert par une transmission mécanique classique avec changements de vitesses par paliers successifs.

VOITH a recherché une toute autre solution et a mis au point, il y a déjà six ans, la transmission DIWABUS qui permet de remédier aux inconvénients du transformateur de couple et de ne pas limiter son utilisation à une plage de vitesse réduite, mais au contraire de l'employer avec tous ses avantages sur la plus grande partie de cette vitesse. L'utilisation du principe de la division de la puissance du moteur a permis d'augmenter le rendement de la transmission, c.-à-d. d'améliorer les caractéristiques du transformateur, de telle sorte que l'on peut fonctionner, sans augmentation de consommation, avec une transmission mixte utilisant une voie hydraulique et une voie mécanique, jusqu'à plus de 60 % de la vitesse maximum du véhicule.

Tandis que, dans les solutions évoquées plus haut, la transmission entièrement hydraulique est relayée par une transmission entièrement mécanique, dans la solution DIWABUS une voie mécanique fonctionne dès le démarrage, parallèlement à la voie hydraulique, sa part dans la transmission de la puissance allant en augmentant avec la vitesse. De la sorte, dès le démarrage, une partie de la puissance fournie par le moteur passe par une transmission mécanique; cette part va en augmentant jusqu'au moment où la totalité de la puissance est transmise mécaniquement.

Cliché 4

La figure en question représente schématiquement une telle disposition et permet d'expliquer d'une façon simple l'amélioration du rendement. Prenons à titre d'exemple un moteur de 100 CV: la moitié de sa puissance passe par le transformateur de couple avec un rendement de 90 %, l'autre moitié par un train d'engrenages dont le rendement est de l'ordre de 98 %.

De la sorte, le rendement global d'un tel système est de 94 %, alors que, si toute la puissance passait par le transformateur, il serait seulement de 90 %; et cependant, on a conservé tous les avantages du transformateur et en particulier son adaptation automatique et progressive aux résistances constamment variables du roulement. Ce partage de l'énergie motrice en deux parties égales ne représente qu'une des conditions possibles de la marche en "division de puissance".

Cliché 5

En réalité, la division de la puissance est faite par un mécanisme basé sur le principe du différentiel et ses proportions varient constamment suivant les conditions de marche du véhicule, la partie passant par la voie mécanique augmentant proportionnellement à la vitesse de l'arbre de sortie, c.-à-d. à la vitesse du véhicule.

Cliché 6

L'amélioration de rendement ainsi obtenue est visible sur les courbes de ce diagramme montrant le rendement d'un transformateur avec et sans division de la puissance.

Cliché 7

Ici, la représentation schématique de la combinaison différentiel-transformateur, grâce à laquelle le rendement indiqué plus haut est obtenu.

Un différentiel classique, comme celui d'un pont arrière de poids lourd, est disposé en avant d'un transformateur de couple, de telle sorte qu'une de ses couronnes entraîne la roue-pompe constituant la voie hydraulique, tandis que l'autre couronne entraîne l'arbre de sortie donnant la voie mécanique. La turbine est montée sur cet arbre de sortie qui entraîne les

roues motrices. Le moteur entraîne le support des planétaires.

C'est à cette disposition que la transmission DIWABUS doit son nom, qui est l'abréviation des mots Différentiel-Wandler (qui signifie transformateur de couple, en allemand) - autoBUS.

Lorsque le véhicule est à l'arrêt, l'arbre de sortie est immobile et le moteur entraîne la roue-pompe par la couronne au double de sa propre vitesse. Comme le couple absorbé par la roue-pompe croît proportionnellement au carré de sa vitesse, le moteur se trouve freiné, de telle sorte qu'avec l'injection au maximum, sa vitesse est réduite de moitié environ. Ceci présente les avantages suivants:

- les bruits du moteur sont réduits, car il n'y a pas d'emballement comme avec une transmission hydraulique ordinaire;
- la consommation est réduite, car c'est dans cette zone de travail que le moteur a ses consommations les plus basses, non seulement spécifiques, mais aussi absolues.

Cliché 8

Comme on le voit sur ce diagramme, on utilise le couple maximum du moteur, généralement situé dans la zone de travail précitée. On profite donc des qualités d'élasticité du moteur: c'est le troisième avantage.

Cliché 7

Le couple pris par la pompe et multiplié hydrauliquement plusieurs fois dans le transformateur, est transmis par la roue-turbine à l'arbre de sortie "b". Il se réunit là au couple d'équilibre fourni à travers le pignon conique "r" et égal au couple absor-

bé par la pompe. On obtient ainsi un couple de démarrage très élevé (voir plus loin le diagramme du cliché 9). La division de la puissance est toutefois encore nulle, parce que l'arbre "b" ne tourne pas. Dès que le véhicule a démarré, l'arbre "b" tourne et la division de puissance commence. La partie transmise mécaniquement ira en croissant proportionnellement à la vitesse. Parallèlement, la vitesse de la roue-pompe diminue, le freinage du moteur se réduit et sa vitesse, pour une même injection, augmente. De cette façon, la partie de la puissance transmise par la voie mécanique augmente constamment. Le rendement croît et la vitesse du moteur s'accélère jusqu'à son maximum.

A ce moment, un frein à bande "d" commandé automatiquement vient bloquer la roue-pompe, mettant entièrement hors circuit la voie hydraulique. La couronne "s" étant immobilisée, c'est au tour de la couronne "r" et, par suite, de l'arbre "b" d'être entraînés au double de la vitesse du moteur, remettant ainsi l'ensemble dans les conditions de marche d'une transmission mécanique. En réalité, en raison de la masse du véhicule, c'est la vitesse du moteur qui se trouve d'abord réduite à sa moitié, pour augmenter ensuite proportionnellement à la vitesse du véhicule jusqu'à son maximum, comme cela est le cas dans toute transmission mécanique.

Pour éviter que la roue-turbine ne freine l'arbre "b", elle est reliée à ce dernier par une roue libre "f" qui lui permet de l'entraîner, mais ne lui permet pas d'être entraînée par lui. Le passage de la transmission mixte hydraulique-mécanique à la transmission par voie mécanique pure se fait ainsi automatiquement et sans aucune interruption

de l'effort de traction. Ceci est également vrai en sens inverse. Le transformateur, qui reste toujours rempli, est en effet immédiatement prêt à se remettre en service. De plus, l'arbre creux de la roue-pompe est buté contre le carter fixe par une roue libre "R" qui l'empêche de tourner en arrière. Ce dispositif a pour but d'assurer l'entraînement du moteur par le véhicule, ce qui permet l'emploi du moteur comme frein et également son lancement par remorquage.

Revenons aux courbes précédentes qui représentent la traduction pratique des étapes successives du fonctionnement de la transmission.

Cliché 8

Ici, les conditions de fonctionnement du moteur. Le diagramme montre les couples et les consommations spécifiques et absolues d'un moteur d'un type couramment utilisé sur les poids lourds, en fonction de sa vitesse.

Pour le démarrage, la courbe parabolique en hauteur montre le couple absorbé par la transmission en fonction de sa vitesse primaire, c.-à-d. de celle du moteur. Son point d'intersection correspond:

- a) à une vitesse du moteur d'environ 1100 tours/min., soit environ 55 % de sa vitesse maxima;
- b) au couple le plus élevé, ce qui est important, car, pour le démarrage, on a besoin de couple et non de puissance;
- c) enfin, à une consommation spécifique réduite.

La parabole aplatie correspond aux conditions de marche du moteur à la fin du fonctionnement mixte

hydro-mécanique, c.-à-d. juste avant le passage à la voie mécanique pure. La vitesse du moteur est montée à ce moment à son maximum.

Cliché 9

Le diagramme en question montre les caractéristiques essentielles de la transmission en courbes de valeurs relatives.

En fonction de la vitesse de marche, on reconnaît l'effort de traction, la vitesse du moteur et le rendement correspondant à la pleine injection, c.-à-d. à la pédale butée à fond.

La multiplication de couple obtenue, qui est de quatre au démarrage, correspond assez bien aux conditions de marche normale des autobus de ville, de sorte qu'une multiplication supplémentaire dans un relai n'est pas nécessaire.

L'effort de traction diminue d'une façon continue jusqu'à environ 50 à 60 % de la vitesse maximum où le changement sur la transmission par voie mécanique seule s'opère. A ce moment, la vitesse du moteur est freinée jusqu'à également 50 à 60 % de sa valeur; si maintenant on n'a pas enfoncé la pédale d'accélération à fond, c.-à-d. si l'injection est réduite, ce passage de la transmission mixte à l'autre se fera à une vitesse plus faible.

Au contraire, si l'on enfonce la pédale au-delà de sa position maximum en vainquant une résistance supplémentaire, le point de passage fixé pour des raisons d'économie à 50 % de la vitesse maximum peut être retardé. Ceci permet de conserver la transmission mixte hydraulique-mécanique plus longtemps et de disposer ainsi de l'effort de traction supplémentaire correspondant, jusqu'au point d'intersection,

soit pour conserver la même allure dans une côte, soit pour accélérer rapidement le véhicule. Ceci est important pour doubler et aussi pour éviter un mouvement de pendule dans la transmission quand, dans une rampe, on fonctionne dans le voisinage immédiat du point de passage. Cette possibilité n'est bien entendu pas nécessairement utilisée dans la marche en palier.

Cliché 10

Ce diagramme est destiné à montrer plus clairement les avantages de rendement du principe "DIWA". A titre de comparaison, on a fait figurer la courbe de rendement d'une transmission entièrement hydraulique équivalente donnant le même effort au démarrage et ayant une vitesse maxima de sortie égale.

Plus clairement encore que par les courbes de rendement, il est possible de se rendre compte de l'importance de l'économie procurée par la transmission DIWABUS par rapport à une transmission hydraulique suivie d'une vitesse mécanique, en comparant les puissances perdues dans le transformateur dans le voisinage du démarrage. Les différences sont, comme on peut le voir, importantes. A 25 % de la vitesse maximum par exemple, la perte dans une transmission entièrement hydraulique est double de celle d'une transmission DIWABUS.

Les résultats pratiques confirment d'ailleurs la théorie. De nombreuses mesures et contrôles de consommations ont été faits par des Compagnies Allemandes d'autobus d'une façon parfaitement objective pendant plusieurs années. En France, de tels contrôles ont été faits par les Charbonnages de France pour compa-

rer les consommations réalisées avec la transmission DIWA et avec des transmissions mécaniques commandées à la main.

Cliché 11

Ce graphique donne, à titre d'exemple, les consommations moyennes mensuelles relevées en 1955, en litres aux 100 Kilomètres, par la Cie des Tramways de Brême sur un nombre important d'autobus semblables affectés à la même ligne et équipés, les uns de boîtes mécaniques à cinq vitesses à commande manuelle, les autres de transmissions DIWABUS.

Contrairement à l'opinion répandue qu'une transmission hydraulique doit toujours consommer plus qu'une transmission mécanique, ces résultats montrent que l'on a obtenu avec la transmission DIWABUS une économie moyenne de 4 litres aux 100 km par véhicule, par rapport aux transmissions classiques. Les résultats de l'année 1956 ont été du même ordre. Pour un parcours moyen de 70.000 km, l'économie réalisée n'est pas négligeable, puisqu'elle atteint 2.800 litres par véhicule.

Dans les mesures effectuées par les Charbonnages de France et qui ont eu lieu aux Houillères de Faulquemont, les résultats sont beaucoup plus spectaculaires. Les mesures ont été faites sur 10 machines, toutes d'une puissance de 90 à 100 CV dont 3 étaient équipées d'une transmission DIWA. Ce sont des moyennes relevées sur une longue période.

Selon les marques, les machines à transmissions classiques ont eu, à la tonne kilométrique, des consommations utiles comprises entre 0,060 et 0,070 contre 0,032 et 0,038 avec les transmissions DIWA.

Cliché 11
(Suite)

En outre, comme on travaille toujours à des taux d'injection excellents, la longévité des moteurs est accrue notablement. En particulier, on a constaté, toujours à Faulquemont, qu'après 4.000 heures de marche les injecteurs n'étaient pratiquement pas déréglés.

Bien entendu, il s'agit ici d'un cas exceptionnel. Les conditions de marche dans la mine, avec des démarrages très nombreux et des variations continuelles des efforts résistants, obligent à des changements de vitesse si fréquents que les conducteurs restent souvent sur les combinaisons inférieures, quitte à faire tourner leurs moteurs au maximum de leur vitesse mais à $1/3$ ou même $1/4$ de charge, c.-à-d. dans des zones de consommations spécifiques très élevées.

Ces résultats étonnants proviennent du fait que la consommation de combustible d'un véhicule, surtout en circulation urbaine, ou pour un locotracteur en service de manoeuvre avec des démarrages et des accélérations fréquentes, dépend moins dans la pratique du rendement de la transmission que de sa bonne adaptation au moteur et surtout de l'utilisation de ce dernier dans les zones de vitesse où, à charges partielles, il a sa plus faible consommation.

Enfin l'efficacité de la transmission joue un rôle considérable. Il ne sert à rien d'avoir un bon rendement, si l'on dépense une partie de la puissance pour faire un travail improductif: par exemple, dans des patinages ou des variations inutiles de l'énergie cinétique des organes en mouvement, ou bien encore si l'on ne peut utiliser le maximum du couple du moteur chaque fois que cela est nécessaire.

Cliché 12

Ces courbes expliquent les économies relevées à Faulquemont. A gauche, les courbes du moteur Hispano-Hercules: en haut, les puissances à différents régimes; en bas, les consommations correspondantes. Au milieu, les conditions de fonctionnement du tracteur avec la transmission DIWA. A droite, les mêmes courbes avec boîte mécanique à 4 vitesses.

Si l'on reporte sur les courbes de consommation les charges et vitesses de moteur, correspondant à ces deux transmissions, on trouve deux zones de consommations qui sont hachurées: l'une correspond à toutes les consommations avec la transmission mécanique - l'autre, avec la transmission DIWA.

Cliché 13

Ces courbes représentent entre autres les efforts de traction correspondant aux différentes charges d'un moteur équipé d'un régulateur maxi-mini, ce qui correspond à la régulation habituelle des poids lourds.

Toutes les conditions désirables sont donc particulièrement bien remplies par la transmission DIWABUS.

En dehors de l'amélioration importante du rendement en fonctionnement hydro-mécanique, c.-à-d. dans la plus grande partie de la zone de travail sur les parcours à arrêts fréquents, on utilise au mieux, à chaque démarrage, la courbe de couple du moteur et la partie la plus avantageuse de sa courbe de consommation.

De plus, la transmission DIWABUS s'adapte d'elle-même et toujours de la façon la meilleure aux

conditions de marche et ceci quelle que soit l'habileté du conducteur. Au contraire, dans une transmission à commande manuelle, la consommation dépend énormément du conducteur et de son adresse à adapter à chaque instant le régime du moteur à la vitesse du véhicule. Ceci est vrai même avec les boîtes à présélection. Il est d'ailleurs compréhensible qu'en service urbain le conducteur, par prudence autant que par commodité, reste le plus souvent sur une combinaison de vitesse inférieure.

Enfin, avec les boîtes de vitesses mécaniques, chaque changement de vitesse entraîne des accélérations et des ralentissements des masses en mouvement dans le moteur lui-même. Une quantité importante d'énergie est ainsi perdue à chaque changement de vitesse. Dans la transmission DIWA par contre, cette accélération et ce ralentissement n'ont lieu qu'une fois au démarrage et une fois au point de passage. C'est là aussi une des causes importantes des économies constatées avec la transmission DIWABUS. On ignore en général que l'énergie nécessaire à l'accélération des masses en mouvement d'un moteur sur la première vitesse d'une boîte à 5 étages est à peu près la même que celle qui est nécessaire pour faire passer le véhicule de l'arrêt au maximum de sa vitesse en première. Ceci s'explique si l'on tient compte que, pour comparer les masses en mouvement dans le moteur à celles liées aux roues, il faut réduire leur vitesse proportionnellement au carré de la démultiplication. Comme l'a exprimé le professeur Reichenbacher, la force d'inertie des masses du moteur en première vitesse équivaut à celle de tout le véhicule.

Cliché 14

Un des autres avantages de la transmission DIWABUS est sa capacité d'accélération rapide. Cette qualité est évidemment très importante dans un service d'autobus avec des arrêts fréquents et rapprochés. C'est moins l'importance de l'effort disponible pour l'accélération à l'instant du démarrage qui compte que sa continuité permettant à l'allure d'augmenter rapidement sans aucune interruption due à des manoeuvres de changement de vitesse. Bien entendu, cet écart se réduit pour une transmission à présélection, mais reste encore sensible. De plus, même dans ce cas, les performances dépendent toujours de l'habileté du conducteur.

L'intérêt d'atteindre très rapidement la vitesse maximum autorisée dans un service urbain est évident. Ceci est particulièrement important dans les cas où l'on cherche à porter la vitesse moyenne à son maximum, pour améliorer la circulation.

Mis à part l'intérêt qu'il y a à réduire le temps de parcours d'un véhicule pour améliorer sa rotation, on peut être amené obligatoirement à l'utilisation d'une transmission automatique permettant toujours les accélérations optima pour la circulation sur les voies à feux synchronisés qui correspondent à une certaine vitesse moyenne. Si le véhicule n'est pas capable de la maintenir, il finit par être arrêté à l'un des feux et doit attendre le retour de la période de feux verts suivants. Sur un parcours d'une certaine longueur, il peut ainsi être stoppé plusieurs fois et perdre un temps considérable.

Actuellement, il y a un millier de transmissions DIWABUS en service et les conducteurs, tout

spécialement les conducteurs d'autobus urbains, apprécient particulièrement son fonctionnement entièrement automatique. N'ayant plus qu'à actionner deux pédales - l'accélérateur et le frein -, les conducteurs se fatiguent moins, ont l'esprit parfaitement dégagé et peuvent apporter toute leur attention au trafic.

Cliché 15

Il s'agit maintenant de la réalisation pratique de la transmission DIWABUS, dont le système de commande automatique est - comme on le voit - simple et facile à vérifier. En effet, la transmission DIWABUS ne comporte qu'un seul point de changement, depuis le démarrage jusqu'à la vitesse maximum, contrairement aux autres solutions où la commande doit agir plusieurs fois. Le système de commande utilisé ne comporte que des éléments éprouvés, simples et bien connus en construction mécanique: des pistons actionnés par pression d'huile.

L'entretien demande donc peu de travail au personnel. La détection des pannes éventuelles est très rapide et simple, contrairement à ce qui se passe avec des dispositifs électriques par exemple, toujours beaucoup plus compliqués.

Le schéma montre la simplicité du système employé, qui a reçu la sanction de l'expérience en se comportant parfaitement sur des transmissions ayant dépassé le cap des 300.000 kilomètres: il s'agit d'une pompe entraînée par l'arbre intermédiaire sur lequel elle se trouve et qui, sur un côté d'un petit piston de commande, envoie de l'huile dont la pression augmente avec la vitesse de marche. De l'autre côté, ce piston est repoussé par un ressort dont la tension peut varier sous l'action de la pédale d'accé-

lération, donc proportionnellement au degré d'injection au moteur. Dès que la pression d'huile est supérieure à celle du ressort, le piston se déplace et laisse passer un fluide qui agit sur le servo-cylindre de serrage du frein de blocage du différentiel: la roue-pompe du transformateur de couple est alors arrêtée et la transmission fonctionne en prise directe. Précisons que les pressions d'huile utilisées sont faibles: de l'ordre de 1 à 2 kg.

Cliché 16

La figure en question montre comment est réalisée la transmission VOITH dite "DIWA" qui ne comporte pas d'inverseur ou de changeur de gamme incorporé et qui est donc utilisée dans tous les cas où l'on dispose d'une possibilité extérieure d'inversion du sens de marche, par exemple sur des autorails comportant des ponts inverseurs, ou sur des locotracteurs où l'inverseur fait corps avec le réducteur de vitesse entraînant le faux essieu.

On voit qu'au lieu du différentiel à pignons coniques représenté pour plus de clarté dans notre schéma de principe (voir cliché 7), on a utilisé un différentiel à trains planétaires qui se comporte cependant exactement de la même manière et répartit la puissance entre les deux voies hydraulique et mécanique.

Cliché 17

Ici, la réalisation schématique de la transmission DIWABUS destinée plus spécialement aux autobus ou autocars et qui comporte, sur l'arbre de sortie, soit deux, soit trois trains planétaires, correspondant resp. soit à 1 gamme de vitesses avant + marche arrière, soit à 2 gammes de vitesses avant +

marche arrière (voir représentation schématique à la moitié supérieure et à la moitié inférieure du changeur de gamme de vitesses).

Le rapport entre les deux gammes de vitesse avant peut être modifié dans une certaine mesure. La gamme de vitesse supplémentaire ainsi obtenue est en général une gamme surdémultipliée, utilisée comme régime de marche de montagne pour les cas où le pourcentage des rampes est tel que la multiplication de couple de 1 à 4 est insuffisante.

Le passage d'un régime sur l'autre est possible en marche; la commande est assurée pneumatiquement et peut se faire au moyen d'une manette placée par exemple sous le volant.

Cliché 18

Dans la plupart des services urbains, les deux régimes de marche sont inutiles et il suffit de prévoir une seule gamme de vitesses avant et une arrière, c.-à-d. que l'on n'emploie à ce moment que deux trains planétaires. Le diagramme de marche correspondant est représenté par le cliché 18.

Cliché 19

Quant au diagramme de marche 19, il donne les courbes caractéristiques des efforts de traction dans le cas de deux gammes de vitesses. La disposition à 2 gammes ne change en rien le principe de la transmission et n'en fait pas une boîte à deux vitesses. En effet, sur chacun des deux régimes, les conditions de marche restent les mêmes: d'abord, le démarrage hydraulique, puis la transmission mixte hydraulique-mécanique, et enfin la prise directe. On utilise en principe soit le grand, soit le petit régime, suivant le profil du parcours que l'on doit faire.

Cliché 19
(Suite)

L'utilisation des deux régimes sur un même véhicule se révèle intéressante, lorsque ce véhicule est appelé à circuler dans des conditions très différentes, par exemple: dans une partie de son circuit, en ville dans des rues encombrées et étroites avec des arrêts rapprochés, puis, dans une autre, en banlieue avec une vitesse maximum élevée et des arrêts moins fréquents.

Cliché 20

La transmission DIWABUS permet d'utiliser le moteur comme frein, éventuellement même avec un dispositif supplémentaire sur l'échappement. En effet, si le conducteur abandonne la pédale d'accélération, le réglage de la distribution fait que l'on reste sur la voie mécanique jusqu'aux plus basses vitesses, le moteur étant donc entraîné par le véhicule.

Bien mieux, à toutes les allures, il est possible de disposer d'un effet de freinage hydraulique supplémentaire, en bloquant la roue libre de la turbine. Cette dernière tourne alors avec l'arbre de sortie à une vitesse proportionnelle à celle du véhicule, travaillant comme un ralentisseur d'autant plus puissant que la vitesse est plus grande. Dans des longues descentes, il est possible de retenir le véhicule et de limiter sa vitesse sans se servir des freins. Le diagramme du cliché 20 représente les efforts de freinage obtenus.

L'échauffement de l'huile du transformateur résultant de ce freinage est évacué par l'eau de refroidissement du moteur, qui circule dans l'enveloppe entourant cette partie de la transmission DIWABUS. Elle est ensuite dissipée par le radiateur dont la température reste ainsi normale pendant les descentes,

ce qui évite le refroidissement exagéré du moteur.

Cliché 21 La photo en question montre l'aspect extérieur de la transmission DIWABUS.

Cliché 22 Ici, le montage de la transmission DIWABUS dans le véhicule. La transmission est fixée directement sur le carter du volant du moteur; elle ne nécessite aucune suspension spéciale et le montage classique du moteur sur 3 points élastiques peut être conservé.

Les photos suivantes montrent quelques réalisations différentes:

Cliché 23 Un autobus urbain.

Cliché 24 Un autobus à impériale de la ville de Berlin.

Cliché 25 Un autobus à un étage et demi, beaucoup utilisé en Allemagne depuis quelque temps.

Cliché 26 Un train routier à éléments articulés, également de plus en plus souvent rencontré.

Tous ces véhicules sont équipés de la transmission DIWABUS.

Cliché 27 Un autre champ d'application important de la transmission DIWABUS est constitué par les autorails, non seulement par les autorails légers, mais aussi par les autorails lourds avec remorques, qui sont utilisés souvent maintenant pour former des trains sur les voies secondaires.

Cliché 28 Ici, la disposition de deux ensembles moteurs disposés sous le plancher d'un autorail des Chemins de Fer Fédéraux Allemands du réseau Wurtembergeois et dans lequel chacun des deux essieux est entraîné par une transmission DIWABUS à deux gammes de vitesses. L'inversion se fait dans les ponts moteurs et l'on peut marcher avec deux ou seulement un moteur.

Cliché 29 La simplicité de la conduite de ces autorails DIWABUS ressort de la disposition du poste de commande visible sur cette photo.

Cliché 30) Des autorails du même genre, mais à quatre es-
Cliché 31) sieux moteurs et comportant donc quatre groupes moteurs DIWABUS de 150 à 170 CV chaque, soit une puissance totale de 600 à 680 CV, ont déjà été construits en grand nombre. Les deux principaux avantages de cette disposition sont:

- a) La possibilité d'utiliser des moteurs et des transmissions construits en grandes séries, donc d'un prix de revient bas;
- b) La souplesse d'adaptation aux profils accidentés et aux charges remorquées, très variables sur les lignes secondaires, chaque groupe moteur pouvant être arrêté ou remis en service pendant la marche.

Cliché 32 Cet autorail léger à deux moteurs de 160 CV sous le plancher et transmissions DIWABUS, est utilisable aussi bien seul en marche à grande vitesse que comme motrice avec une ou deux remorques.

Cliché 33

Un autre champ important d'application de la transmission DIWABUS est le domaine des petits locotracteurs Diesel. Il a été fait allusion plus haut aux locomotives Diesel des mines, construites déjà à de nombreux exemplaires en France par Batignolles L.L.D. La photo 33 en donne l'aspect.

Ces machines et leurs transmissions qui sont des DIWA semblent avoir trouvé la faveur des mineurs. Les transmissions en particulier se sont fort bien comportées dans le travail dur et brutal de la mine et de nouvelles séries de ces mêmes machines sont en commande chez le constructeur.

Cliché 34

Cette photo représente un locotracteur de manœuvre. Dans cette construction, toutes les commandes ont été groupées d'une façon très astucieuse et se verrouillent de telle sorte qu'aucune fausse manœuvre n'est possible.

Pour la réalisation de machines de ce genre, la transmission DIWABUS peut être fournie avec deux gammes de vitesses, une avant, une arrière, mais ayant toutes les deux le même rapport, ce qui permet d'économiser un inverseur séparé.

Cliché 35

Représentation schématique d'un locotracteur d'embranchement, réalisé avec cette transmission.

Il convient de signaler enfin les applications faites, ou en cours, de la transmission DIWABUS au matériel de travaux publics et de levage.

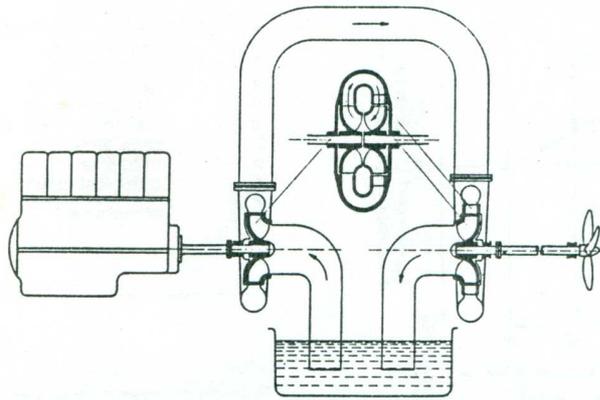
Cliché 36

A titre d'exemple, un chariot de levage de grosse capacité, réalisé avec une transmission DIWABUS.

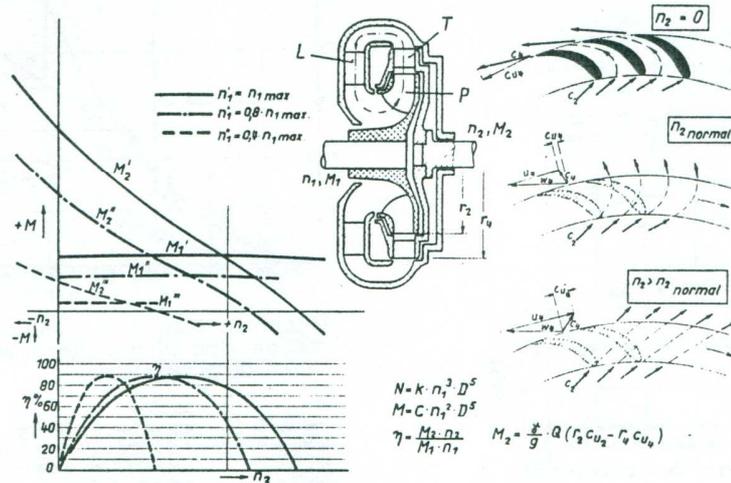
Pour ces matériels, la transmission DIWABUS sert au déplacement de l'engin, de même qu'à actionner hydrauliquement le mécanisme de terrassement ou de levage. A ce moment, un dispositif supprime le blocage du différentiel et l'on reste toujours sur la voie mixte hydro-mécanique, ce qui évite le calage du moteur ou la rupture des organes de transmission, en cas d'efforts anormaux.

10.7.57.LS/Mz.

LS

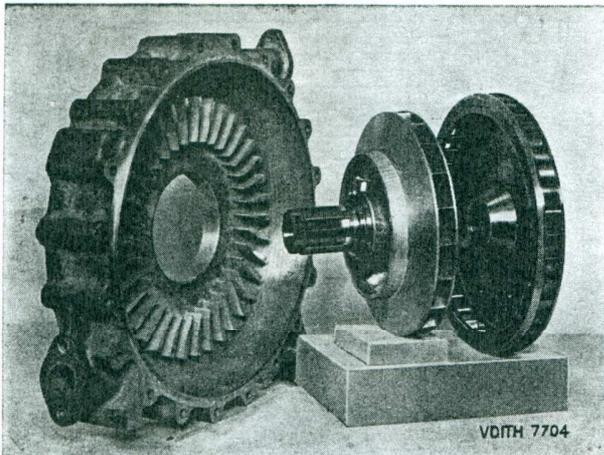


Cliché 1: Principe de fonctionnement des transformateurs de couple. Au centre : schéma du transformateur de couple Föttinger.

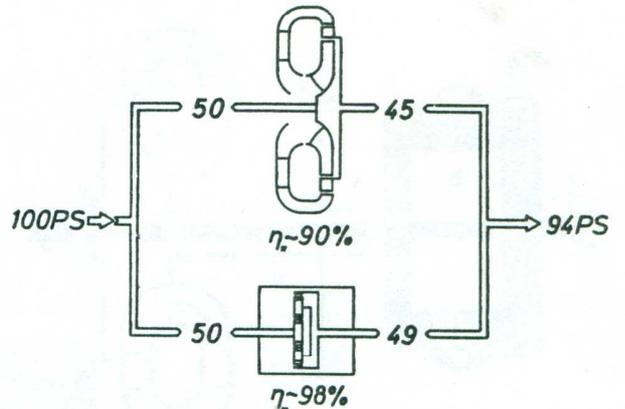


Cliché 2: Transformateur de couple hydrodynamique

n_1	vitesse de la roue-pompe	Q	quantité de fluide
n_2	vitesse de la roue-turbine	r	rayon
M_1	couple primaire	c_{u2}	vitesse absolue composante de c_2 dans le sens de la vitesse circonférentielle
M_2	couple secondaire	c_4	vitesse absolue
η	rendement	u_4	vitesse circonférentielle
T	roue-turbine	w_4	vitesse relative
P	roue-pompe	c_{u4}	composante de c_4 dans le sens de la vitesse circonférentielle
L	aubages fixes de réaction	$n_2 = 0$	roue-turbine à l'état arrêté
N	puissance	$n_2 \text{ normal}$	roue-turbine à vitesse normale
k	coefficient de puissance spécifique absorbée	$n_2 > n_{2 \text{ norm}}$	roue-turbine à grande vitesse
C	coefficient de couple spécifique absorbé		
D	diamètre du circuit hydraulique		
γ	poils spécifique du fluide		
g	accélération de la pesanteur		

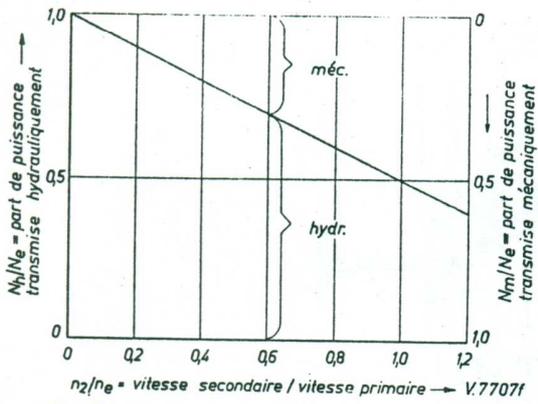


Cliché 3: Roues à aubages du transformateur de couple de la transmission DIWABUS. Vue éclatée

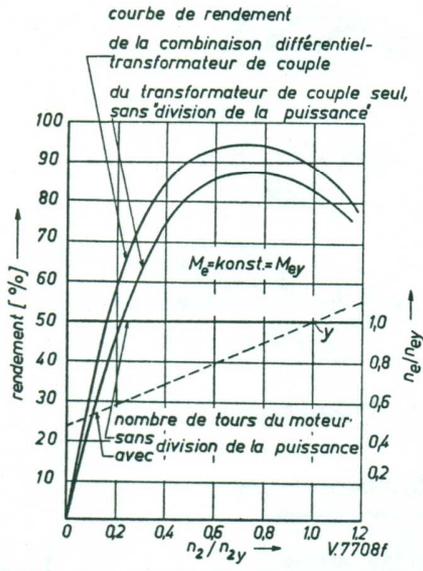


Cliché 4: Amélioration du rendement grâce à la "division de puissance"

PS	CV
η_w	rendement du transformateur de couple
η_m	rendement du train d'engrenages

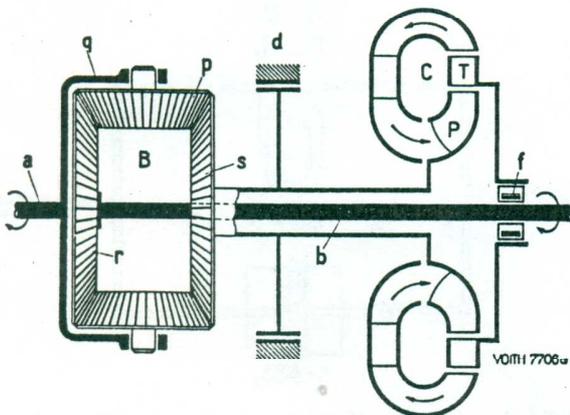


Cliché 5: Proportions dans lesquelles la puissance est transmise par voie hydraulique et par voie mécanique, dans la solution DIWABUS



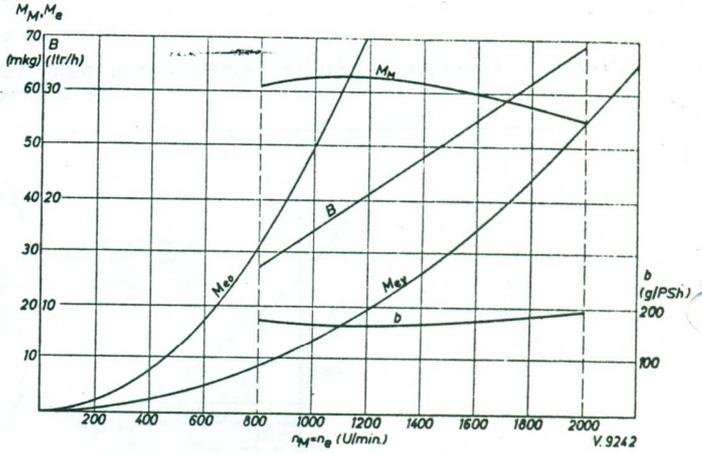
Cliché 6: Rendement et comportement de la vitesse du moteur, avec et sans division de la puissance

- n_2/n_{2y} vitesse secondaire réelle / vitesse secondaire pour laquelle la transmission a été calculée
- n_e/n_{ey} vitesse réelle du moteur / vitesse pour laquelle le moteur a été conçu
- y valeur pour laquelle la transmission a été construite
- $M_e \cdot \text{konst.} \cdot M_{ey}$ couple moteur - constante - couple moteur pour lequel le moteur a été construit



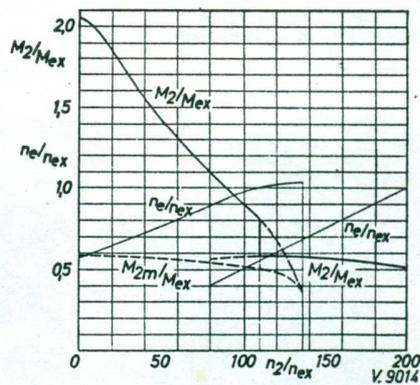
Cliché 7: Principe de fonctionnement du transformateur de couple hydrodynamique en corrélation avec le différentiel-distributeur (voir légende, colonne de droite, en haut)

- B différentiel
- C transformateur de couple
- P roue-pompe
- T roue-turbine
- a arbre d'entrée
- b arbre de sortie
- d bande de frein du différentiel
- f roue libre
- p satellites
- q porte-satellites
- r satellites planétaires
- s planétaires



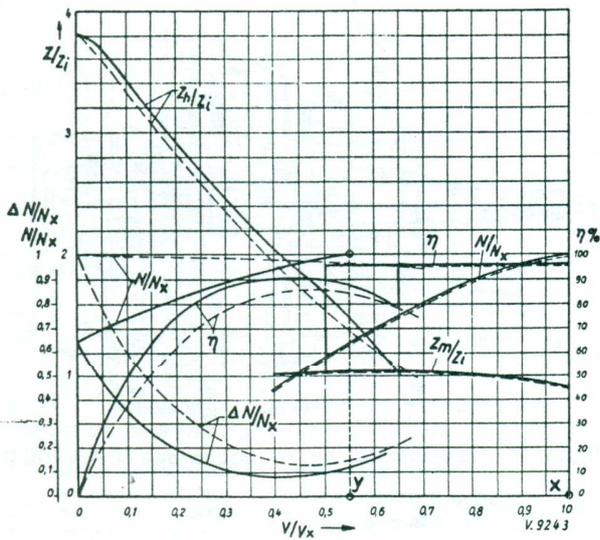
Cliché 8: Diagramme des couples et de la consommation d'un moteur Diesel équipé d'une transmission DIWA (à charge totale)

- M indice M couple au volant du moteur
- e indice e à l'entrée de la transmission lorsque l'arbre de sortie est immobile, au démarrage pour N moteur supposée égale à 100 % (point figuratif)
- B indice o consommation de combustible
- b consommation spécifique litres par heure grammes par CV et par heure
- U/min t/min.



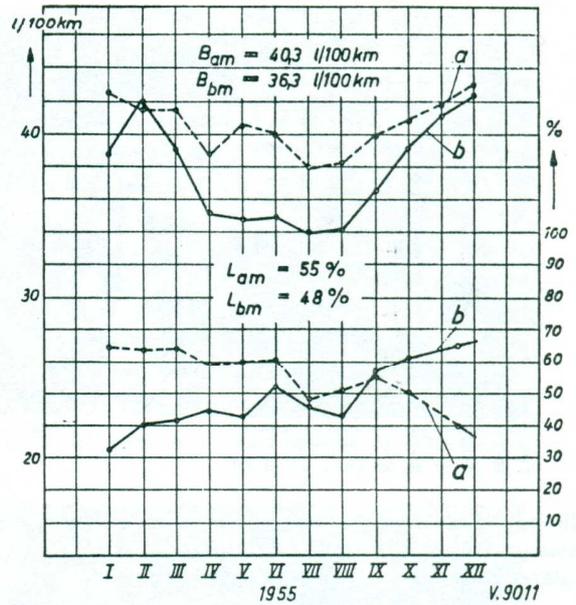
Cliché 9: Courbes caractéristiques de la combinaison différentiel-transformateur

- M couple
- n nombre de tours
- e indice e à l'entrée de la transmission pour une puissance moteur de 100 % en fonctionnement mécanique (vitesse max.)
- x indice m part mécanique en fonctionnement mixte hydraulique-mécanique
- 2 indice 2 à la sortie de la transmission



Cliché 10: Comparaison des courbes caractéristiques d'une transmission à transformateur de couple avec et sans division de la puissance

- V/V_x vitesse du véhicule / vitesse maximum
- Z/Z_i effort de traction à la sortie de la transmission / effort de traction idéal
- N/N_x puissance à l'entrée de la transmission / puissance totale à la vitesse maximum
- $\Delta N/N_x$ perte de puissance dans le transformateur de couple / puissance totale à la vitesse maximum
- η rendement
- Indice h fonctionnement hydraulique-mécanique
- Indice m fonctionnement mécanique
- courbe caractéristique de la transmission DIWABUS
- - - - - transmission entièrement hydraulique suivie d'une vitesse mécanique
- Indice y pour une puissance moteur de 100 % en fonctionnement hydraulique
- Indice x pour une puissance moteur de 100 % en fonctionnement mécanique

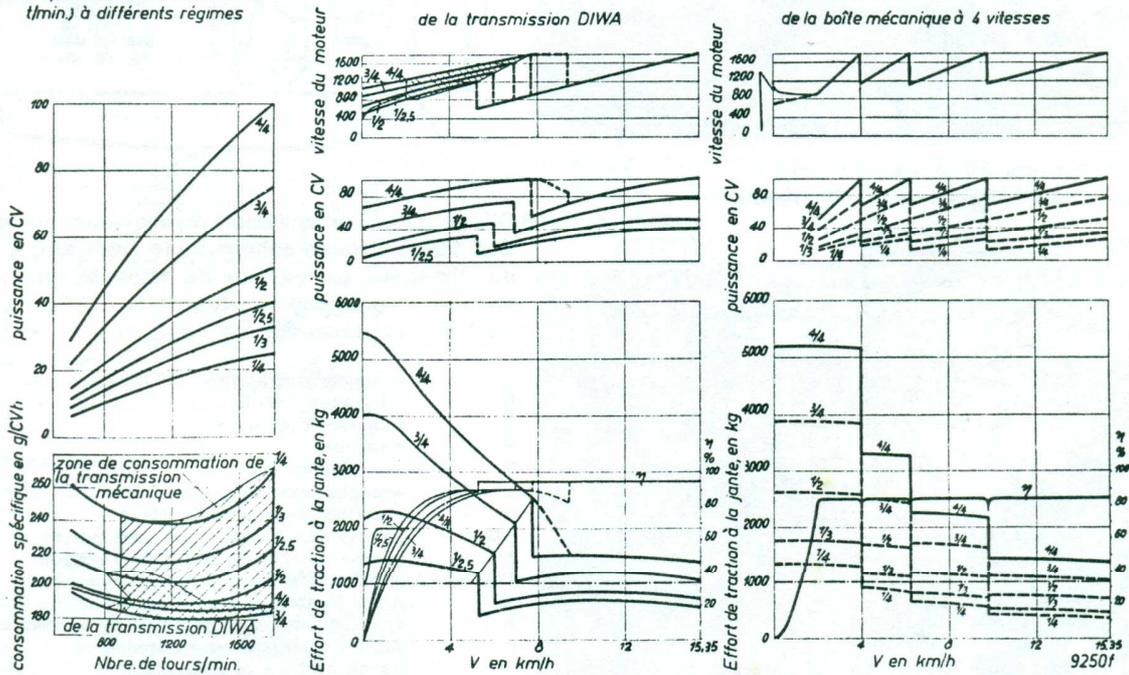


Cliché 11: Consommations en combustible

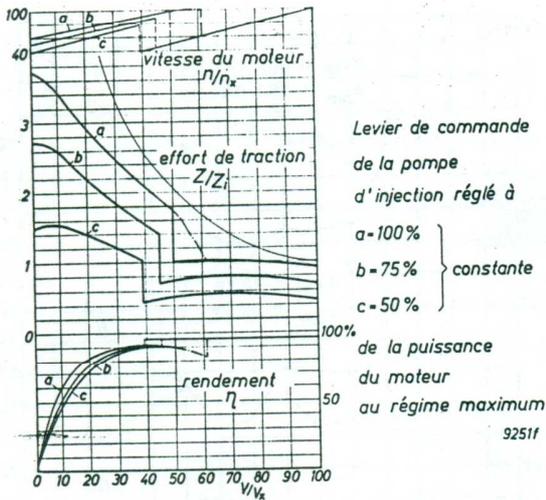
- B consommation en litres aux 100 km
- L pourcentage du kilométrage couvert par la remorque
- a boîte mécanique à 6 vitesses
- b DIWABUS
- m moyenne mensuelle

Courbes caractéristiques de la puissance et de la consommation correspondante du moteur Hispano DWxLD (100 CV, 1800 t/min.) à différents régimes

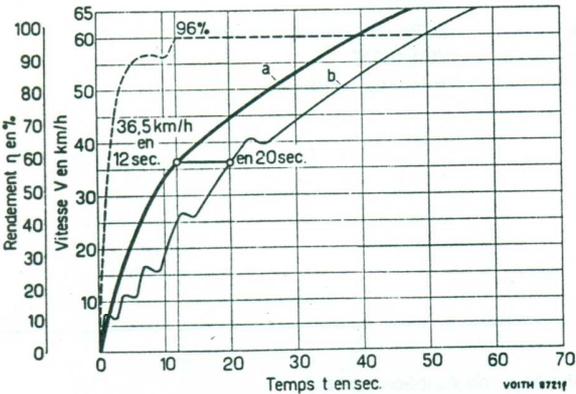
Conditions de fonctionnement



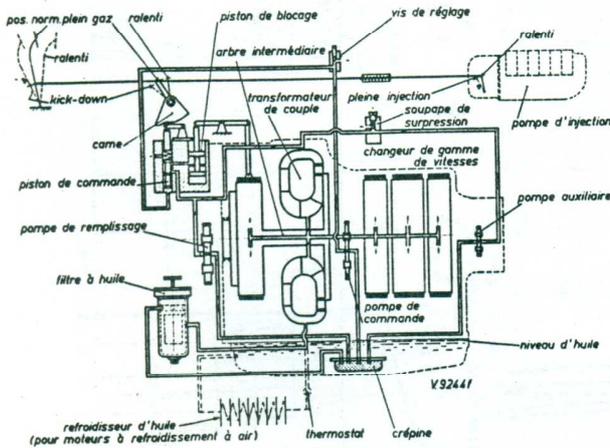
Cliché 12: Comparaison de consommations à charge partielle entre la transmission DIWA et une boîte mécanique à 4 vitesses



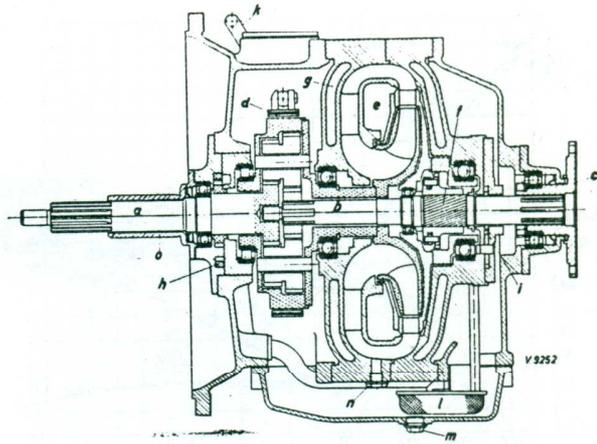
Cliché 13: Courbes caractéristiques de la transmission DIWABUS avec un moteur équipé d'un régulateur maxi-mini



Cliché 14: Courbes d'accélération comparées de la transmission DIWABUS (a) et d'une boîte mécanique à 6 rapports (b)

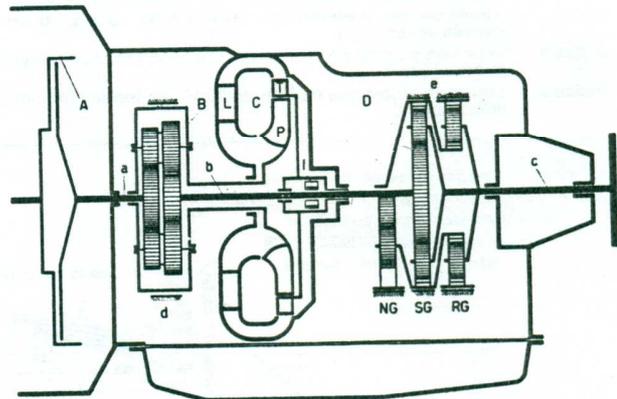


Cliché 15: Transmission hydro-mécanique DIWABUS 200 S. Schéma de commande oléo-hydraulique et de graissage



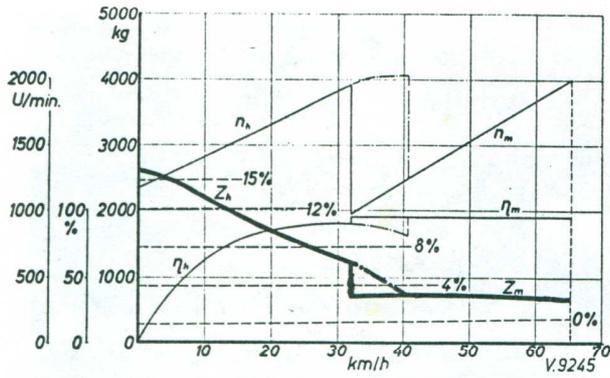
Cliché 16: Transmission hydro-mécanique DIWA 200 D

- a arbre d'entrée
- b arbre intermédiaire
- c arbre de sortie
- d bande de frein du différentiel
- e transformateur de couple
- f roue libre
- g chemise d'eau froide
- h pompe d'alimentation
- i pompe de commande
- k levier de commande
- l crépine
- m orifice de vidange du carter d'huile
- n orifice de vidange du transformateur de couple
- o tambour d'embrayage de l'embrayage à commande mécanique



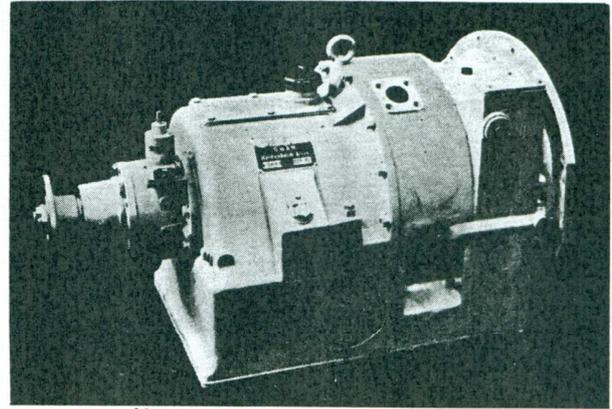
Cliché 17: Transmission hydro-mécanique DIWA-BUS 200 S. Coupe schématique montrant, à l'endroit du changeur de gamme de vitesses, deux combinaisons de gammes de vitesses possibles correspondant aux modèles SR (en haut) et JSR (en bas)

- A accouplement élastique et à glissement
- B différentiel-distributeur
- C transformateur de couple
- P roue-pompe
- T roue-turbine
- L aubages fixes de réaction
- D changeur de gamme de vitesses
- NG gamme de vitesses avant pour marche en palier
- SG gamme de vitesses avant pour rampes
- RG marche arrière
- a arbre d'entrée
- b arbre intermédiaire de sortie du transformateur
- c arbre de sortie de la transmission
- d bande de frein du différentiel
- e bandes de freinage destinées à mettre en prise la gamme de vitesses voulue
- f roue libre

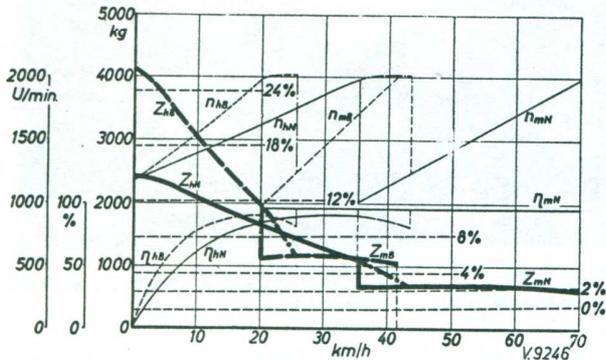


Cliché 18: Transmission DIWABUS, modèle SR. Diagramme de marche pour autobus urbain de 14,5 t

Z effort de traction à la jante en kg
 η rendement en %
 U/min nombre de tours/min. du moteur
 indice h en fonctionnement hydraulique
 indice m en fonctionnement mécanique

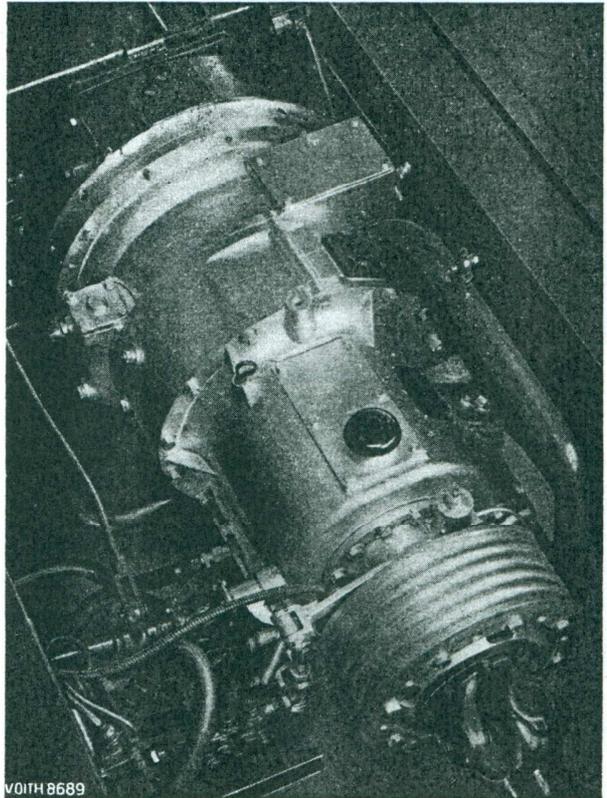


Cliché 21: Transmission DIWABUS 200 S

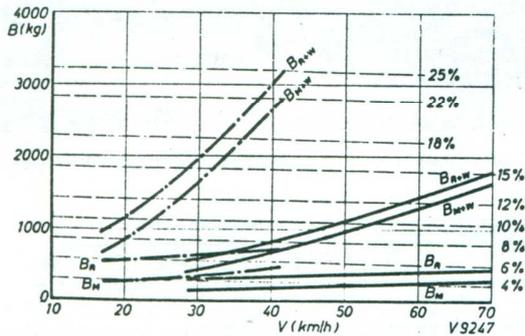


Cliché 19: Transmission DIWABUS, modèle JSR. Diagramme de marche pour autocar de 14,5 t

B gamme de vitesses avant pour fortes rampes
 N gamme de vitesses avant pour marche en palier
 (Voir traduction des autres inscriptions au cliché 18)



Cliché 22: Transmission DIWABUS, en place dans un autobus « Büssing 6000 T » à moteur horizontal sous le châssis

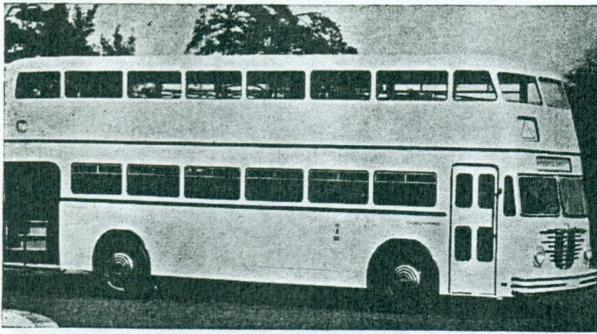


Cliché 20: Transmission DIWABUS, modèle JSR. Diagramme de l'effort de freinage dans le cas d'un autocar de 14,5 t

V (km/h) vitesse du véhicule en km/h
 B efforts de freinage en kg
 M freinage par le moteur, sans frein d'échappement
 A freinage par le moteur, avec frein d'échappement
 W freinage par le transformateur seul
 — en gamme de vitesses avant pour marche en palier
 - - - en gamme de vitesses avant pour fortes rampes
 - - - - effort de poussée, exercé par le véhicule en descente



Cliché 23: Autobus urbain à transmission DIWABUS



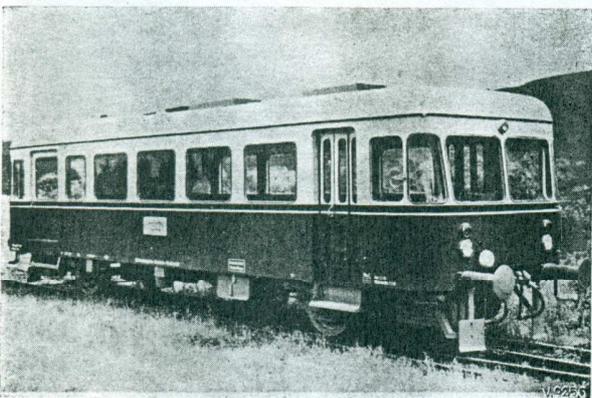
Cliché 24: Autobus à impériale de la ville de Berlin, équipé d'une transmission DIWABUS



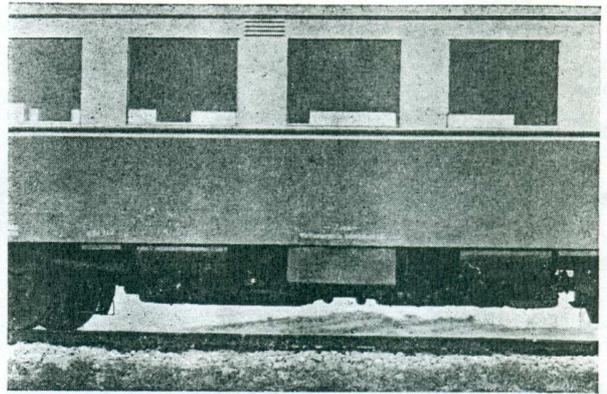
Cliché 25: Autobus à un étage et demi, avec transmission DIWABUS



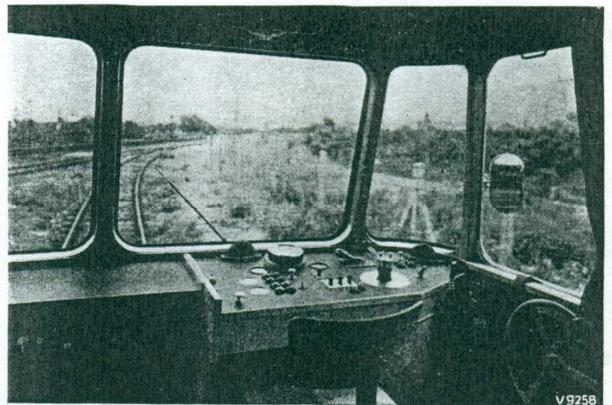
Cliché 26: Train routier à éléments articulés, pourvu d'une transmission DIWABUS



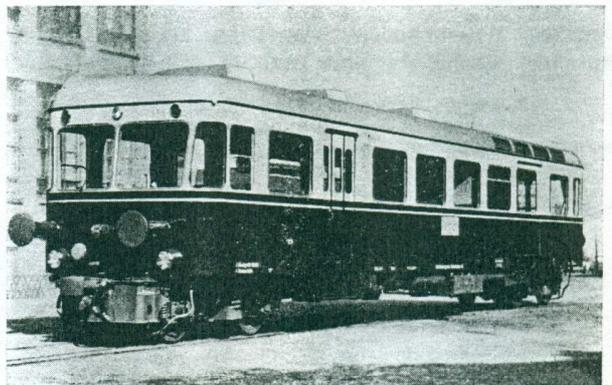
Cliché 27: Autorail à transmission DIWABUS



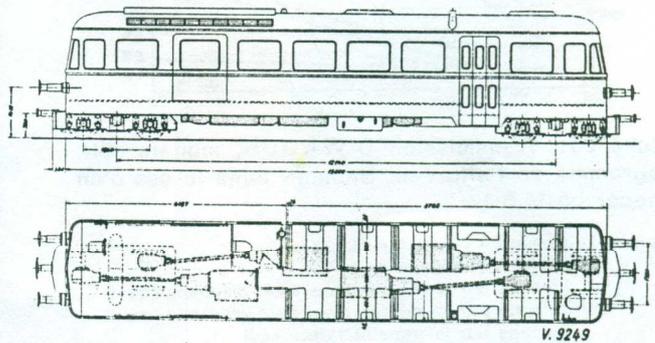
Cliché 28: Disposition dans un autorail de 2 transmissions DIWABUS en tandem



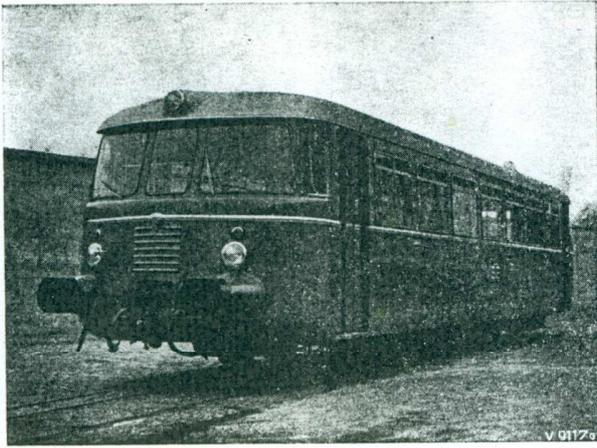
Cliché 29: Poste de commande d'un autorail à deux groupes moteurs DIWABUS



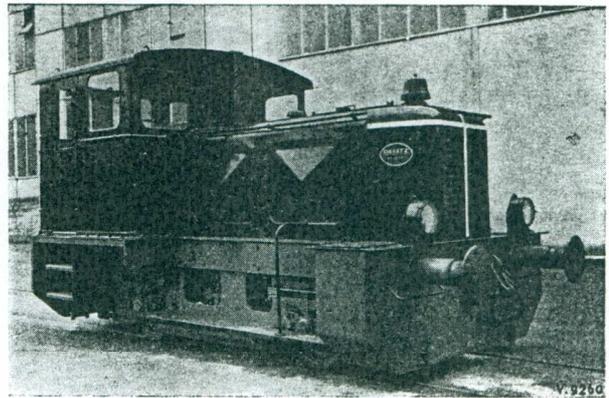
Cliché 30: Autorail à 4 groupes moteurs DIWABUS



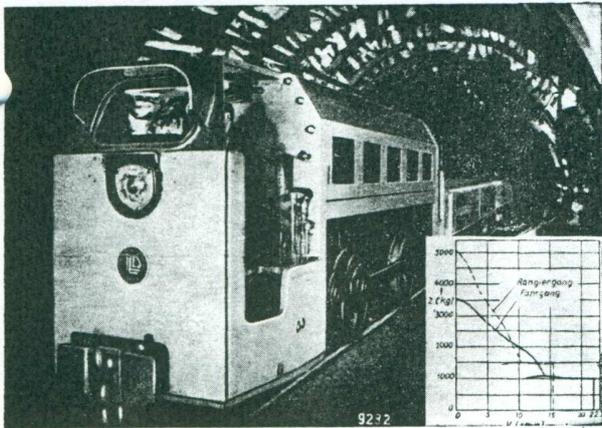
Cliché 31: Vues schématiques en plan et en élévation d'un autorail à 4 essieux moteurs entraînés par 4 groupes moteurs DIWABUS



Cliché 32: Autorail léger à 2 moteurs et 2 transmissions DIWABUS

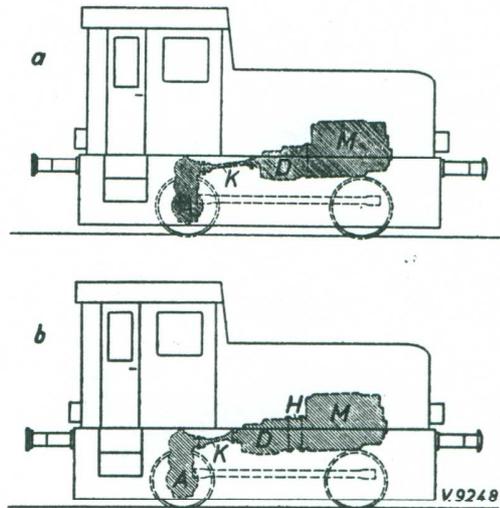


Cliché 34: Locotracteur de manoeuvre



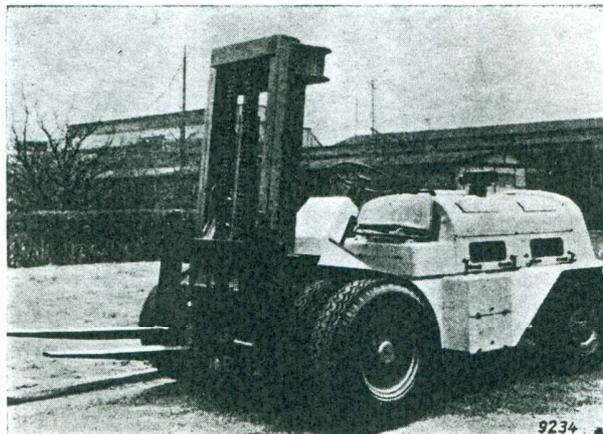
Cliché 33: Locomotive de mine, équipée d'une transmission DIWA - Poids 15 t - Puissance 100-140 CV Vitesse 22-15 km/h

Graphique: Ranglergang régime de manoeuvre
 Fahrgang régime de ligne
 Z (kg) effort de traction en kg
 V (km/h) vitesse du locotracteur en km/h



Cliché 35: Schéma des organes moteurs et de transmission d'un locotracteur équipé d'une transmission DIWABUS, a) sans multiplicateur b) avec multiplicateur

M moteur
 D transmission Diwabus
 K arbre à cardans
 A descente de mouvement
 H multiplicateur



Cliché 36: Chariot élévateur équipé d'une transmission DIWABUS. Force de levage: 8 tonnes