

NOUVEAU TYPE

DE

TRANSMISSION PAR BIELLES

POUR LOCOMOTIVES ÉLECTRIQUES

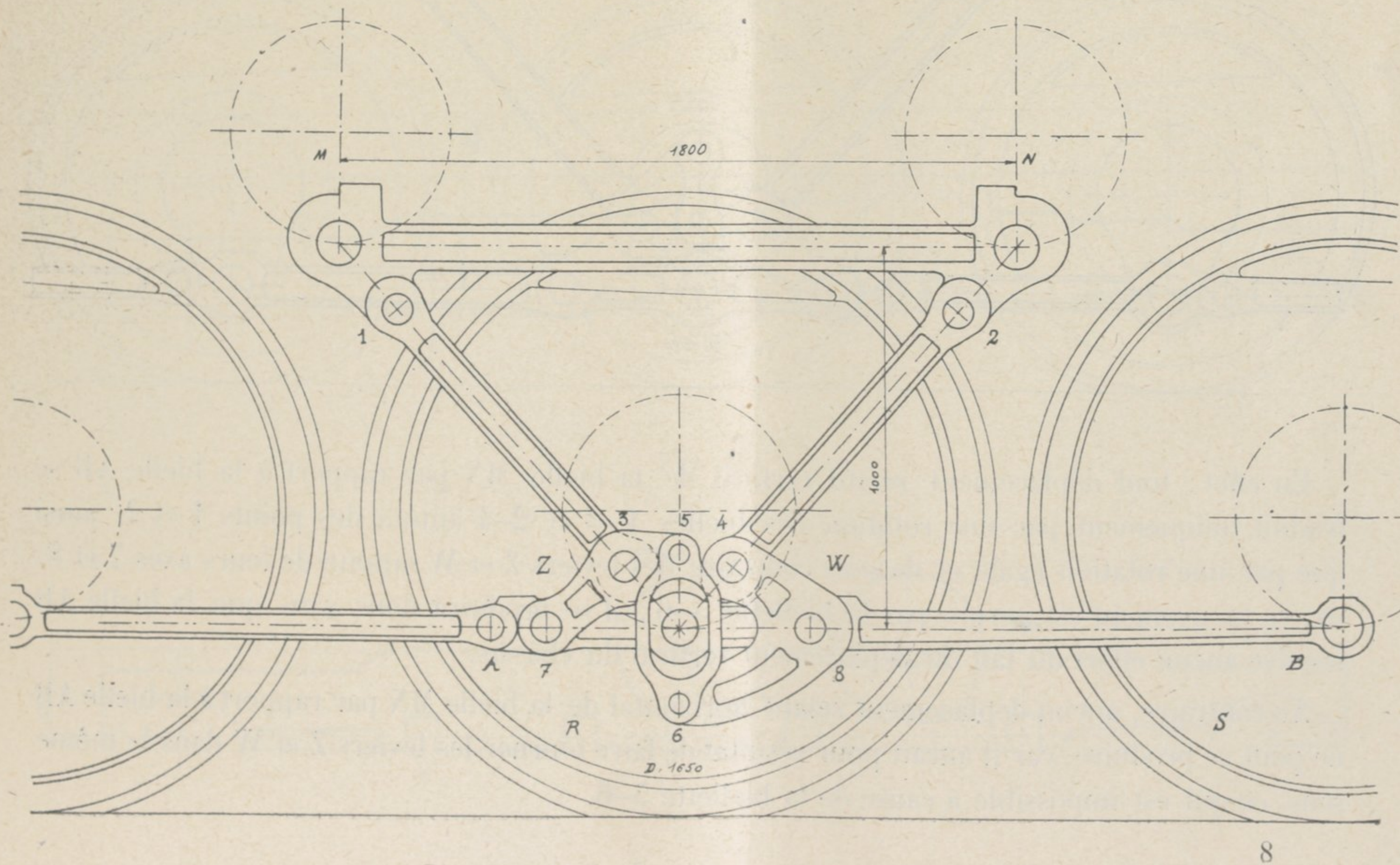
Par M. Joseph BIANCHI,

INGÉNIEUR DU SERVICE DU MATÉRIEL ET DE LA TRACTION
DES CHEMINS DE FER DE L'ÉTAT ITALIEN.

On a appliqué récemment à la locomotive électrique triphasée à grande vitesse de l'État Italien, E 330-14, un nouveau système de bielles articulées, qui semble présenter de nombreux avantages, en comparaison des autres systèmes de transmission par bielles triangulaires employées jusqu'ici.

Ce système est représenté schématiquement (Fig. 1) sous la forme où il a été appliqué à la locomotive E 330-14.

Fig. 1.



Une bielle MN relie les manivelles des deux moteurs. Deux bielles obliques égales : 1-3 et 2-4 sont articulées d'une part aux points 1 et 2 de la bielle MN, d'autre part, aux extrémités 3 et 4 de leviers Z et W qui peuvent tourner autour des points 7 et 8 situés sur l'axe d'une bielle d'accouplement AB de deux roues motrices.

Une petite bielle 5-6 relie les leviers Z et W les obligeant à se déplacer d'angles sensiblement égaux, mais de sens contraires.

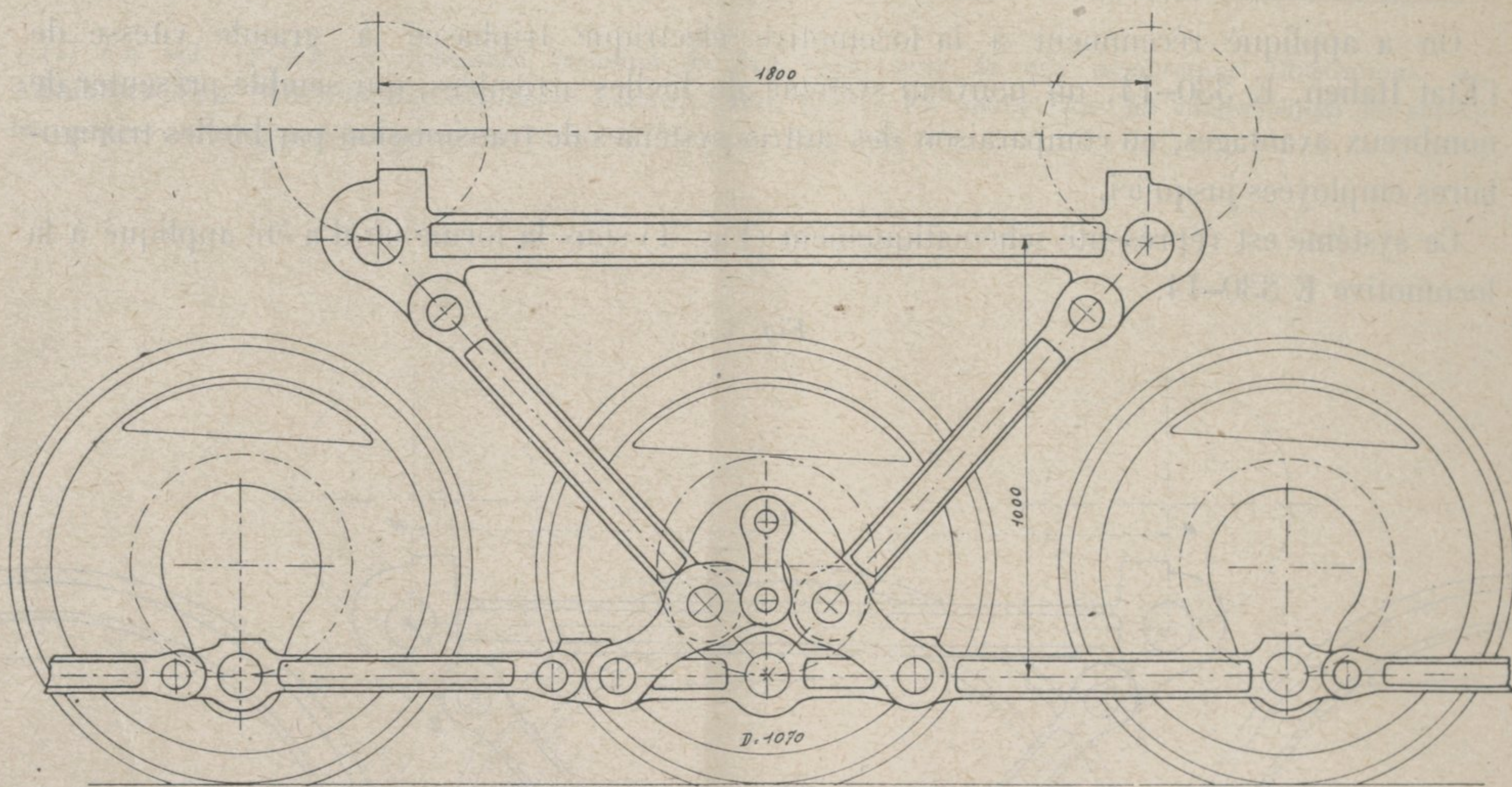
Les longueurs des bras des leviers 7-3 et 8-4 sont égales entre elles, ainsi que celles des bras de leviers 7-5 et 8-6.

Les axes des bielles 1-3 et 2-4 sont dirigés suivant les côtés égaux d'un triangle isocèle dont la base est constituée par l'axe de la bielle MN, et dont le sommet O se trouve sur l'axe de la bielle d'accouplement AB.

Dans sa position moyenne, l'axe de la petite bielle 5-6 passe aussi le sommet de ce triangle isocèle.

Il est alors facile de voir que seule la composante verticale des efforts exercés par les manivelles des moteurs est sans action sur les roues, tandis que la composante horizontale leur est transmise intégralement.

Fig. 2.



En effet : tout déplacement relatif vertical de la bielle MN par rapport à la bielle AB se traduit uniquement par une rotation des bielles 1-3 et 2-4 autour des points 1 et 2, ainsi que par une rotation égale et de sens contraire des leviers Z et W autour de leurs axes 7 et 8. Or, ce mouvement est permis par la biellette 5-6 ; il se produira donc sans que la bielle AB reçoive aucun effort du fait du déplacement vertical du châssis.

Au contraire, aucun déplacement relatif horizontal de la bielle MN par rapport à la bielle AB ne peut se produire, car il aurait pour résultat de faire tourner les leviers Z et W dans le même sens, ce qui est impossible à cause de la biellette 5-6.

Le système étant alors indéformable, la transmission de l'effort se fait intégralement entre MN et AB.

La longueur des leviers et leurs points d'articulation doivent être déterminés comme il est indiqué plus loin pour que la résultante des forces transmises à la bielle d'accouplement des roues AB, soit horizontale et passe par l'axe de cette bielle dans toutes les positions relatives du châssis et des roues comprises entre les limites d'oscillations des ressorts.

Cette condition est strictement nécessaire pour que la bielle AB ne soit jamais soumise à un moment de flexion.

Ce système de bielles articulées peut être aussi exécuté sous d'autres formes. La figure 2 en montre, par exemple, l'application à une locomotive ayant des roues de faible diamètre. Il permet dans ce cas d'avoir le plus grand rayon de manivelle admissible.

Disposition des moteurs sur les locomotives. — Il est avantageux de pouvoir placer les moteurs le plus haut possible sur le châssis.

En effet, de cette disposition surélevée, il résulte :

- 1° Une plus grande stabilité de marche et une diminution des efforts exercés sur la voie par suite de l'élévation du centre de gravité ;
- 2° Une surveillance plus facile des collecteurs pendant la marche ;
- 3° Une simplification du châssis qui devient plus économique et peut, de plus, être renforcé.

Pour justifier ce dernier point, nous donnons (Fig. 3), le schéma d'un longeron de locomotive électrique à grande vitesse 1--D--1 de l'État Italien, dans laquelle les moteurs sont démontables par le bas et en regard (Fig. 4), le profil qu'aurait eu ce longeron si les moteurs avaient pu être placés au-dessus du châssis.

Fig. 3.

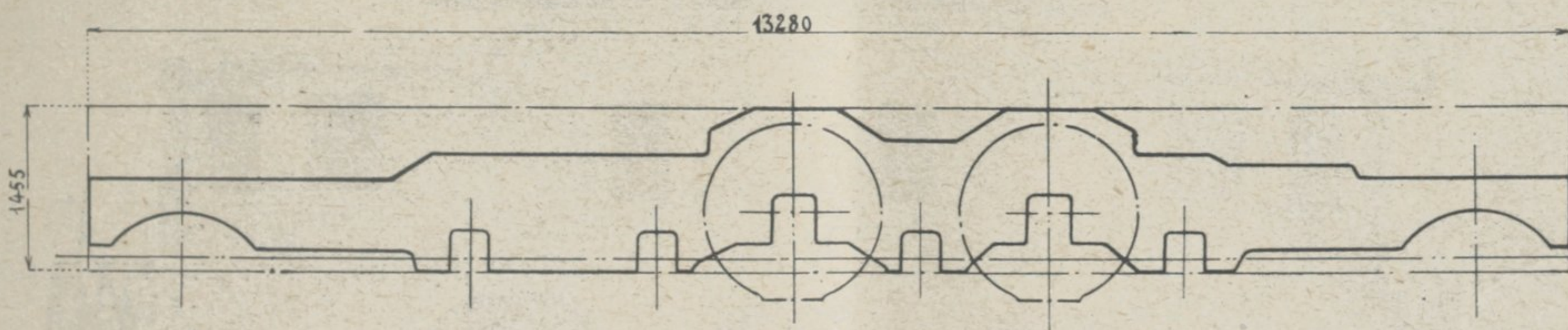
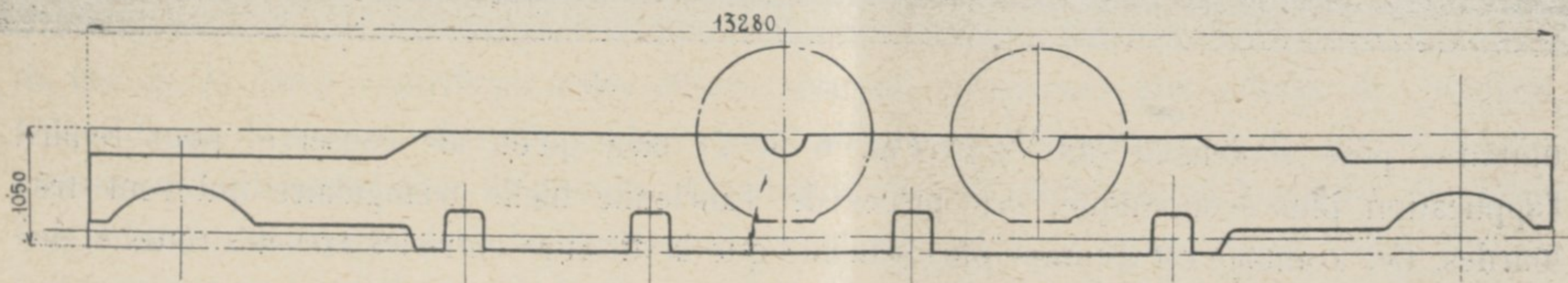


Fig. 4.



Le premier type peut être obtenu en partant d'une tôle de 1455 mm de haut avec 42 % de chutes, le deuxième ne nécessite qu'une tôle de 1050 mm avec 20 % de chutes seulement. En outre, tandis que dans le premier type de longeron il est impossible de renforcer horizontalement la partie moyenne du châssis occupé par les moteurs, ce renforcement est possible dans le second type et entraîne une augmentation de la rigidité et de la résistance du châssis.

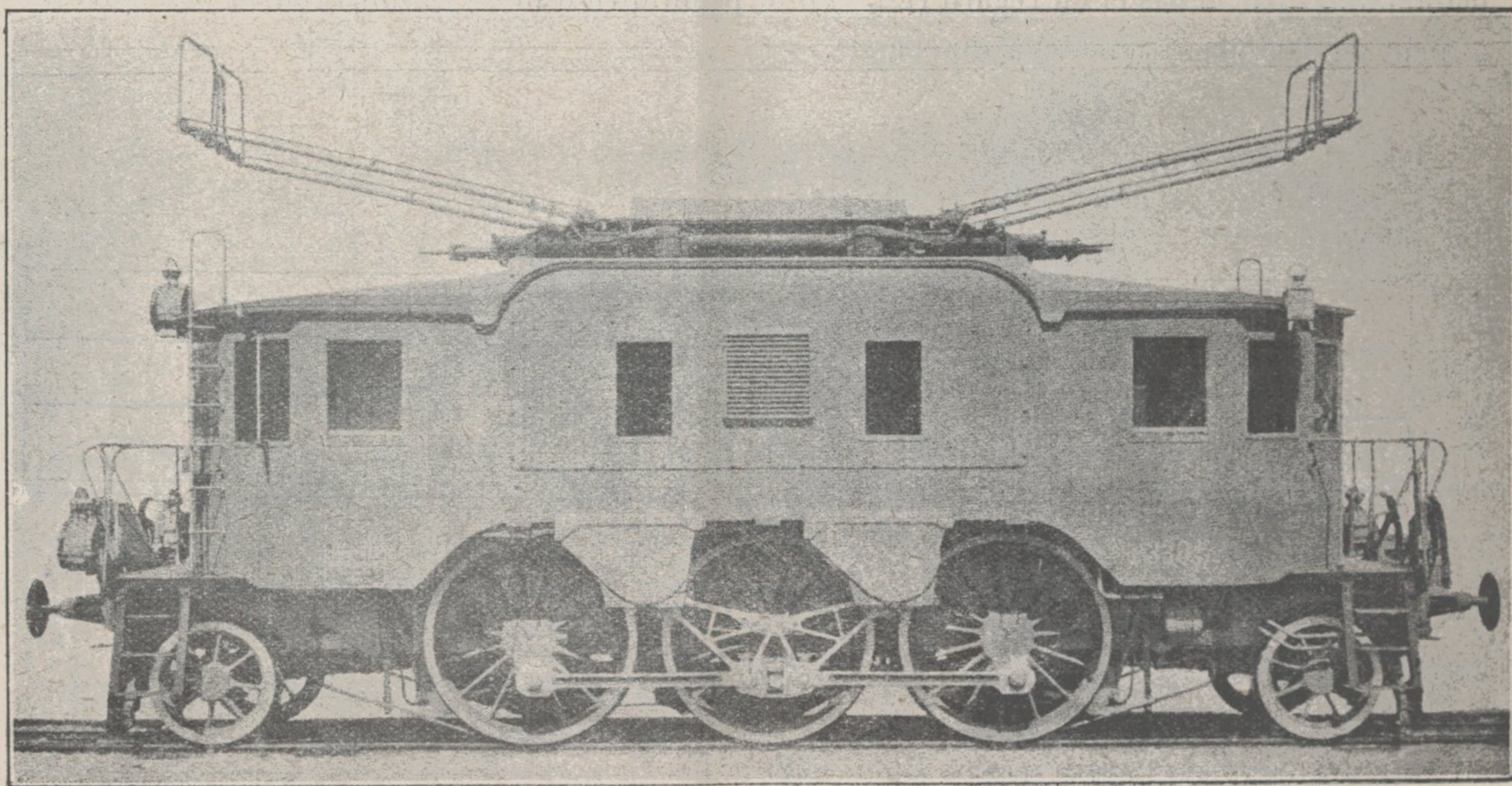
Or, le système de transmission par bielle triangulaire est le seul qui ait donné de bons résultats en Italie, parmi tous les systèmes de transmission par bielle essayés, mais il empêche de surélever les moteurs.

En effet, la pratique apprend, comme nous le verrons plus loin, que le poids de la bielle triangulaire, jusqu'ici employée, devient excessif pour une distance entre axes des roues et des moteurs supérieure à 500 mm. Il devient alors très difficile d'équilibrer ce poids sur les manivelles des moteurs. En outre, l'indétermination des efforts auxquels est soumis le système augmente le danger de rupture des bielles.

Le système de transmissions par bielles articulées que nous présentons ici permet au contraire d'augmenter la distance entre les moteurs et les roues, sans atteindre un poids excessif tout en assurant en service une bonne transmission des efforts.

Poids du système articulé. — Ce système articulé est notablement plus léger que la bielle triangulaire. Par exemple, la bielle triangulaire adoptée sur la locomotive E 330-14, (Fig. 5), pesait 380 kg., tandis que la nouvelle bielle articulée, calculée avec les mêmes efforts

Fig. 5.



unitaires pèse seulement 300 kg^s (Fig. 6 et 7) bien qu'on aie conservé, pour rendre l'application plus économique, des pièces de l'ancienne bielle triangulaire qui sont très lourdes. Cet avantage est d'autant plus sensible que la distance entre les axes des roues et des moteurs est augmentée.

Fig. 6.

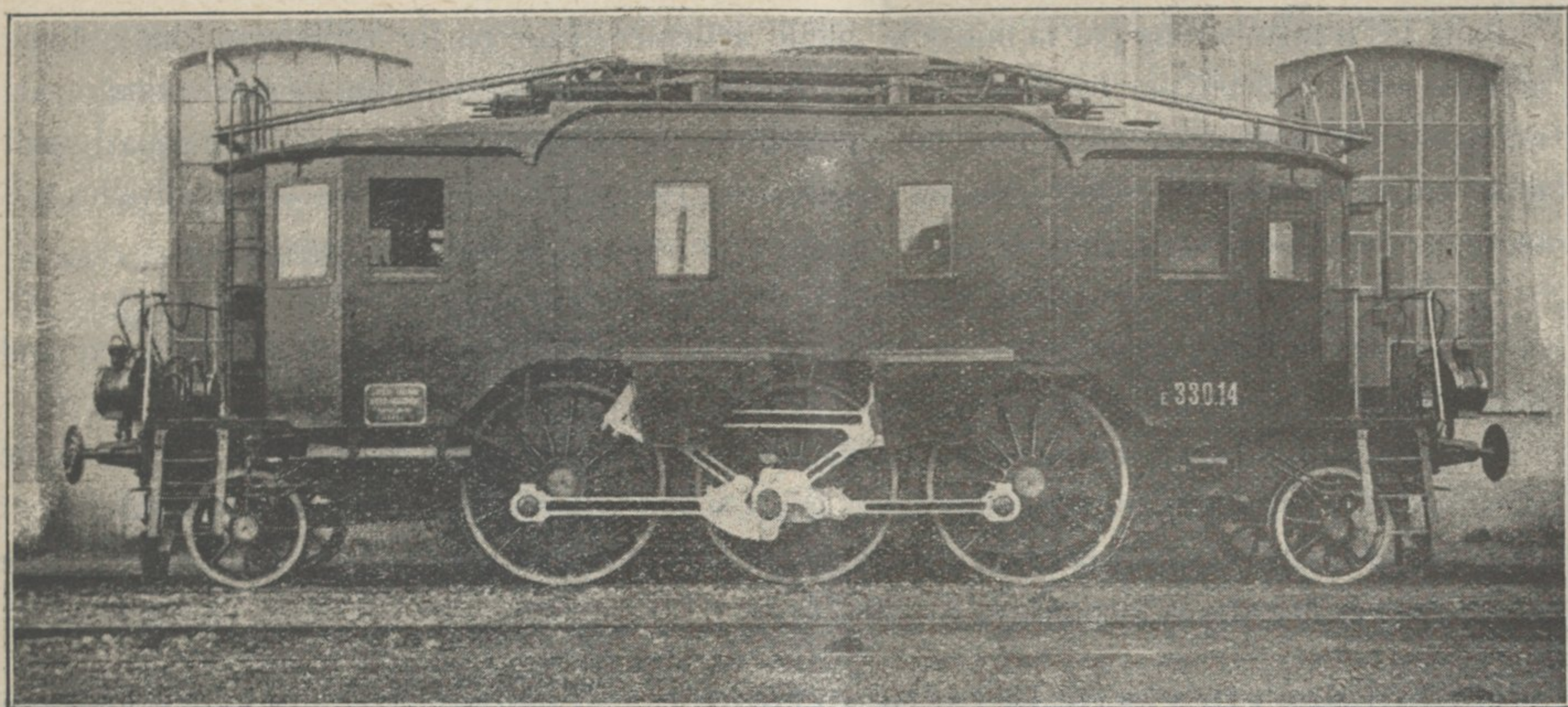
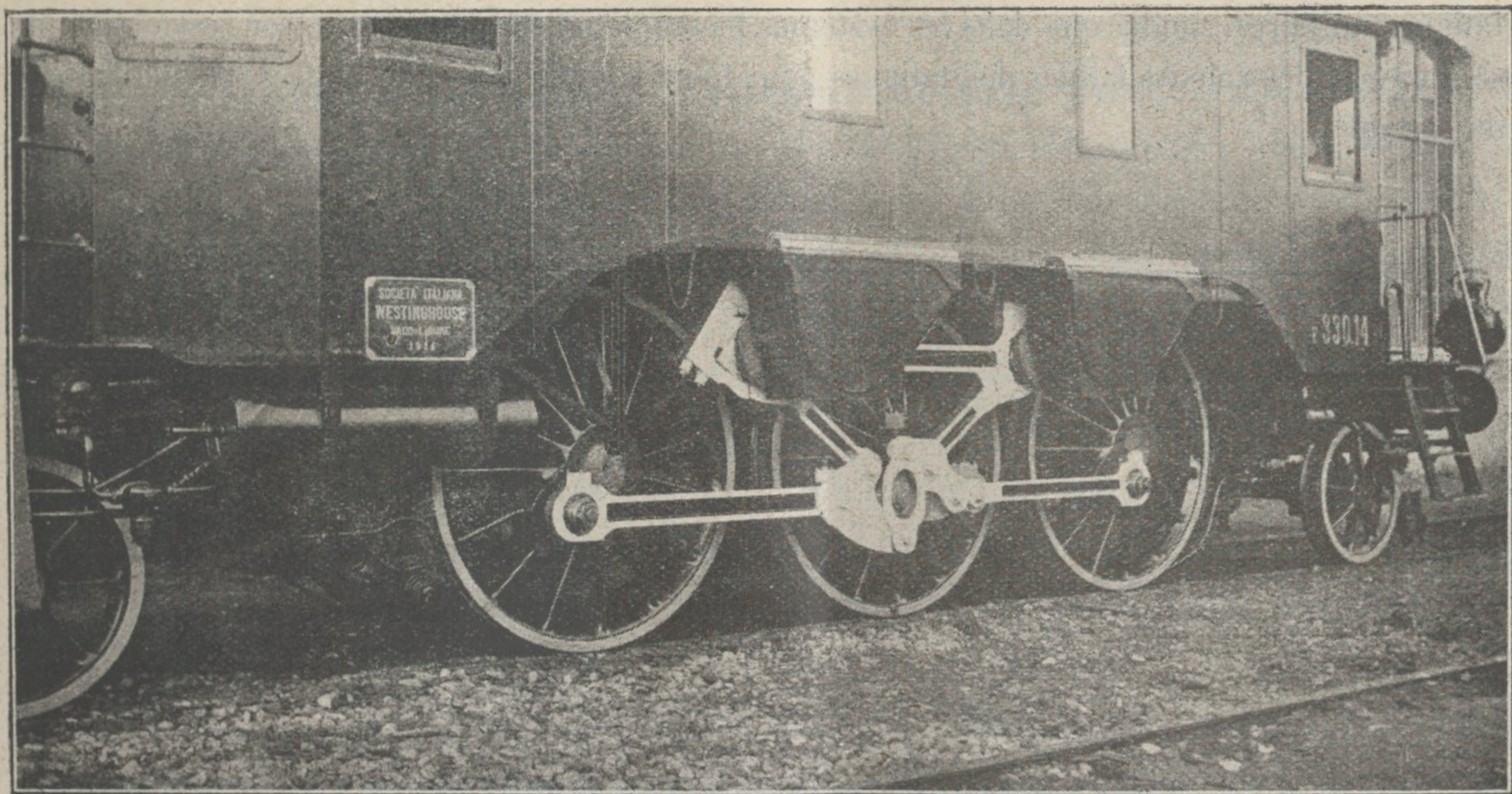


Fig. 7.



Contrepoids des masses rotatives. — Dans les transmissions par bielle triangulaire, on admet que le poids de celle-ci, ainsi que la moitié environ du poids des bielles d'accouplement des roues, chargent les manivelles des moteurs. Ces manivelles sont soumises, du fait de la force centrifuge, à des efforts souvent supérieurs aux efforts de traction. L'équilibrage du système doit être exclusivement obtenu par les contrepoids des manivelles des moteurs qui atteignent ainsi de grandes dimensions et sont difficilement logeables. De plus, l'équilibrage dynamique de la bielle triangulaire ne peut être qu'approximatif, car la fenêtre rectangulaire ne permet pas à la force centrifuge de réagir dans les directions voisines de la

verticale. Cette imperfection se manifeste, surtout aux grandes vitesses, par des vibrations qui se font sentir sur toutes les locomotives pourvues de bielles triangulaires.

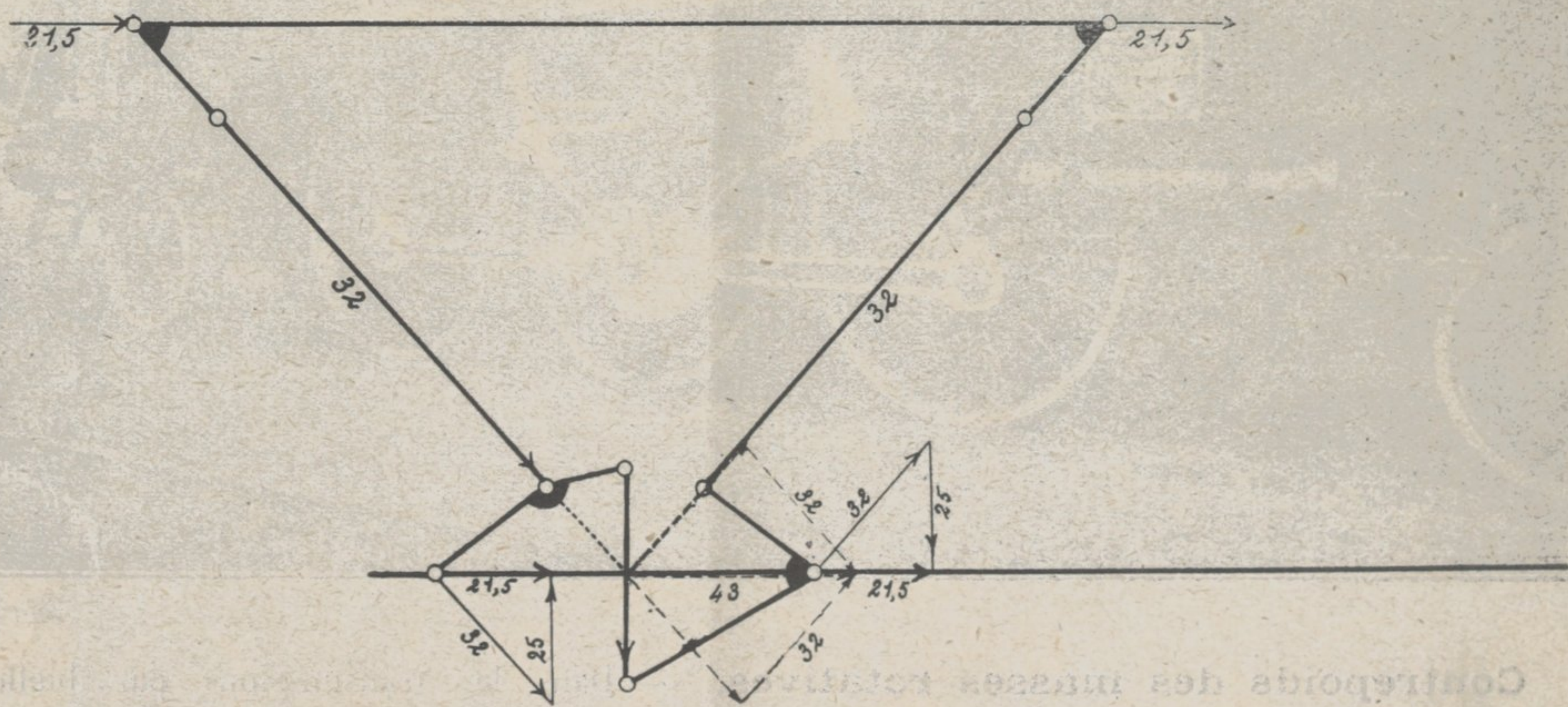
Dans les transmissions par la nouvelle bielle articulée, une partie seulement du système articulé est supportée par les manivelles des moteurs, l'autre partie s'appuie sur le bouton de manivelle des roues moyennes. Les effets de la force centrifuge due à ces masses se répartissent donc entre les manivelles des moteurs et celles des roues. Les contrepoids des manivelles des moteurs sont inférieurs à ceux nécessaires pour l'équilibrage de la bielle triangulaire.

Par exemple, sur la locomotive E 330-14, les contrepoids de manivelles des moteurs ont été diminués de 60 kg. chacun et le contrepoids de la roue centrale augmenté de 100 kg. quand on a installé le nouveau système articulé.

De plus, l'équilibrage des masses en rotation peut être amélioré avec le système articulé sans coulisse, parce que les articulations se font par des coussinets cylindriques qui réagissent dans toutes les directions à la force centrifuge. Il en résulte une plus grande stabilité de marche qui a été vérifiée sur la locomotive E 330-14.

Calcul des efforts de la bielle articulée. — Contrairement aux autres systèmes de transmission, et notamment à la bielle triangulaire, la bielle articulée est *statiquement déterminée*, c'est-à-dire que la détermination exacte et complète des efforts peut être faite avec les règles de la statique élémentaire. Cela permet de prendre des valeurs plus élevées des fatigues unitaires, tandis que dans les systèmes incomplètement déterminés, on est obligé de se limiter à des valeurs faibles des fatigues pour tenir compte des efforts dus à l'hyperstaticité du système.

Fig. 8.



La figure 8 montre l'équilibre des forces qui se développent dans les différentes parties de la transmission articulée, tout étant déterminé en fonction de l'effort de traction aux roues (1).

(1) Dans cette figure, la force de 43 t. appliquée au point *o* représente l'effort de traction total d'un côté de la locomotive, elle n'est pas réellement appliquée au maneton de la manivelle qui subit seulement un effort de $43 : n$; n étant le nombre d'essieux.

Considérations générales sur le système articulé. — Il n'est pas difficile de trouver un système articulé qui assure à un de ses points une liberté de mouvement rectiligne ; cependant, le plus grand nombre de ces systèmes ont des configurations dissymétriques qui donnent lieu à des efforts également dissymétriques. Il en résulte que certaines parties soumises à la presque totalité de l'effort moteur doivent être beaucoup plus largement dimensionnées que d'autres. Le système articulé, faisant l'objet de cette note, étant au contraire symétrique comme configuration et transmission des efforts, possède les avantages suivants :

- 1° Économie dans la construction, car les éléments sont égaux deux à deux ;
- 2° Légèreté de ses différentes parties, en particulier des articulations qui peuvent être largement dimensionnées, puisqu'elles ne transmettent chacune que la moitié de l'effort total ;
- 3° Égalité des contrepoids des manivelles des moteurs, ce qui rend ceux-ci interchangeables ;
- 4° Influence des jeux sur la régularité de la transmission moindre que dans les autres systèmes de bielles articulées.

Détermination des longueurs des différentes parties du système de bielles articulées. — Ces longueurs sont facilement déterminées dans chaque cas particulier par la condition énoncée plus haut : les bielles d'accouplement des roues ne doivent être soumises qu'à un effort horizontal dirigé suivant leur axe et non à un moment fléchissant. La figure 9 montre comment on peut fixer ces longueurs.

L'articulation du levier Z (ou W) avec la bielle d'accouplement des roues AB est d'abord fixée provisoirement et arbitrairement sur cette bielle en a . Si la bielle AB se déplace par exemple de 40 mm de chaque côté de sa position moyenne pour aller en c_1 et en c_2 , le prolongement de la bielle 1-3 va couper la verticale passant par a en a_1 et a_2 .

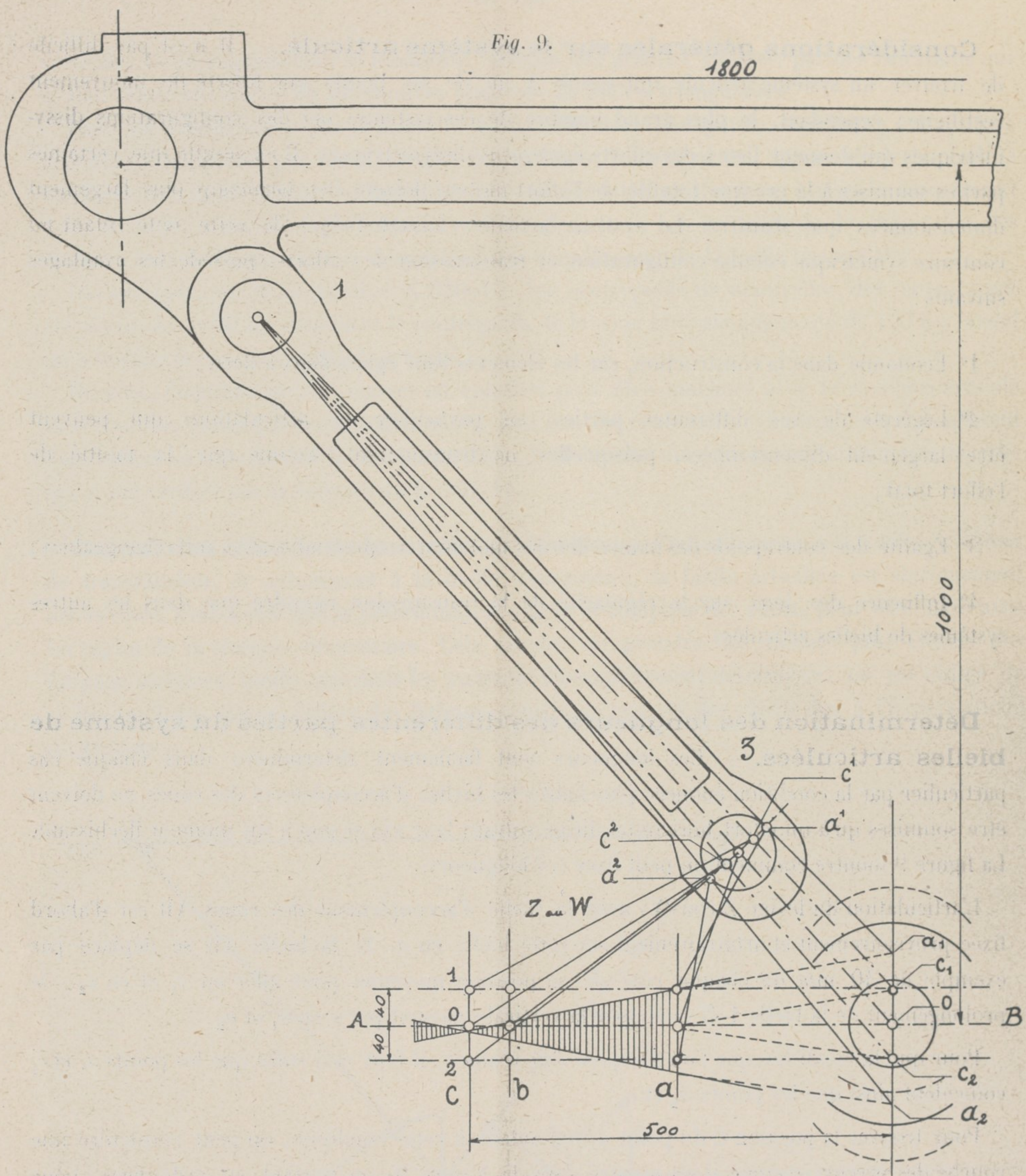
Pour que la condition que l'on s'impose soit réalisée, il faut et il suffit que les points a_1 et c_1 coïncident ainsi que les points a_2 et c_2 .

Pour trouver la position C du point a , répondant à cette condition, on peut construire une courbe des erreurs comme il est montré dans la Figure 9, en portant en ordonnées, pour chaque position choisie, successivement pour cette articulation a les erreurs représentées par les segments c_1, a_1 et c_2, a_2 .

Le point C où les deux erreurs sont minima dans leur ensemble sera le point autour duquel le levier Z ou W s'articulera.

Pratiquement, l'erreur qui subsiste pour la position optimum C de cette articulation a est, au plus, de 1 à 2 mm. Le moment de flexion qui en résulte pour la bielle d'accouplement est donc absolument négligeable, quelle que soit la flexion des ressorts de la locomotive.

Fig. 9.



Résultats des essais. — La locomotive E 330-14, d'une puissance de 2.000 kw., sur laquelle ce système de bielles articulées a été mis à l'essai, peut atteindre une vitesse de 100 km. par heure. Elle fonctionne avec ce dispositif depuis le mois de Mai 1922 et au 1^{er} Novembre elle avait parcouru plus de 30.000 km., sans avoir donné lieu à aucun jeu aux articulations.

Les résultats de ces essais ont été très satisfaisants et la stabilité de marche fut notamment bien meilleure que celle obtenue avec l'ancien système de bielle triangulaire à coulisse.

Il a donc été décidé que ce système serait maintenu sur cette locomotive et on envisage son application aux locomotives pour marchandises et voyageurs que les Chemins de Fer de l'État Italien ont actuellement à l'étude.