



CENTRE DE FORMATION
pour conducteurs de train

INFRABEL
Right On Track

Operateur Conducteur nfra

PRINCIPES DE BASE DE SIGNALISATION

PRINCIPES DE BASE DU FREINAGE DES TRAINS



Cette brochure est mise à notre disposition par le centre de formation pour conducteurs de train de l'SNCB

Cher candidat Operateur Conducteur Infra (CCI),

En tant qu'operateur conducteur Infra, vous jouez un role essentiel au sein d'Infrabel. A chaque instant vous garantissez la securite de nos clients. Vous veillez egalement a ce que nos machines arrivent a destination a temps ainsi qu'a l'execution parfaite des travaux. Vous devez savoir faire face a des imprevus et regulierement reparer des petites pannes. Bret, vous etes fascine par la conduite des engins ferroviaires et vous suivez de pres les nouvelles technologies.

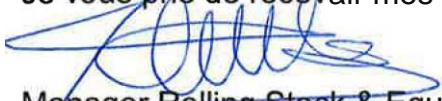
A la seance d'information, on vous expliquera tout sur la selection, la formation et le travail d'operateur conducteur Infra.

Attention : pendant toute la procedure de selection vous serez evalue sur votre motivation, votre comportement et vos facultes de raisonnement telles que precisees dans le programme de l'epreuve.

Cette brochure « Principes de base de signalisation et Principes de base du freinage des trains » vous donne la possibilite, lors de l'entretien oral, de demontrer votre capacite a etudier. Etudiez bien cette brochure pour nous convaincre que vous etes le candidat OCI que l'on cherche.

Nous vous souhaitons bonne chance et esperons vous accueillir tres bientot en tant que nouveau collegue.

Je vous prie de recevoir mes salutations



Manager Rolling Stock & Equipment (I-AM.52)
Kurt Demeersseman

Sommaire

	Pages
1. Les chemins de fer	3
2. Les voies	6
3. Les signaux lumineux	8
4. Les signaux de vitesse	14
5. Les signaux divers	16

1. Les chemins de fer

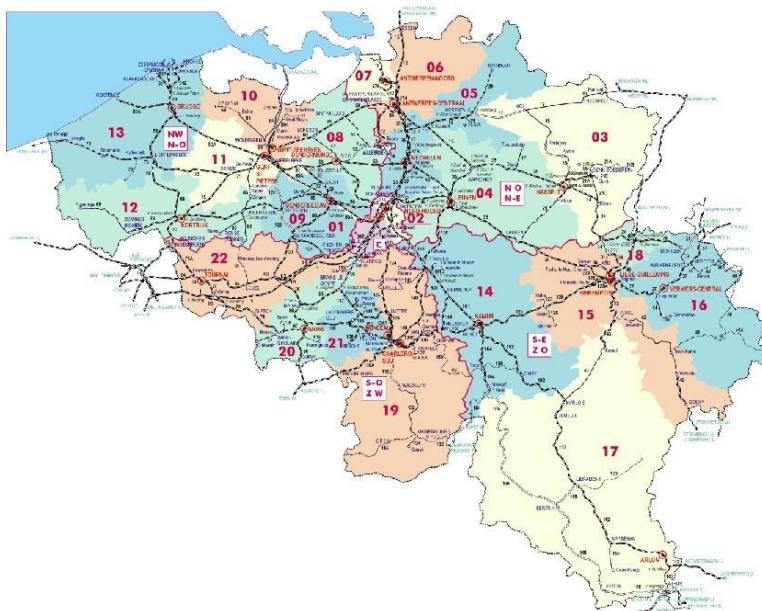
Les lignes ferroviaires

Le réseau ferroviaire belge est composé de lignes à simple voie et de lignes à double voie classées comme suit :

- les lignes principales parcourues par des trains de voyageurs et de marchandises à une vitesse supérieure à 40km/h;
- les lignes locales où la vitesse de référence ne dépasse pas 40km/h.

Exemples:

- *Ligne 50A : Ostende – Bruxelles-Midi*
- *Ligne 36 : Bruxelles-Nord - Liège-Guillemins*
- *Ligne 42 : Liège-Guillemins - Gouvy*



Chaque ligne est identifiée par un numéro indiqué sur un panneau repère de ligne ; le conducteur doit savoir sur quelle ligne il circule.

Le numéro de ligne est constitué d'un nombre, parfois complété par une lettre et/ou un indice, ex. 36, 36C ou 36C/1.

Dans les grandes gares plusieurs lignes convergent.

En gare de Bruxelles-Midi convergent les lignes: 0, 28, 50A, 96 en 124.



Panneau repère de ligne

Les engins ferroviaires

Le réseau ferroviaire belge est parcouru par une grande variété d'engins ferroviaires qui, selon leur genre de traction ou utilisation, peuvent être classés en plusieurs catégories :

La traction par locomotives

L'utilisation des locomotives électriques (HLE) est polyvalente; elles servent aussi bien pour tracter des trains de voyageurs que des trains de marchandises. Les locomotives diesel sont utilisées pour les trains de marchandises et pour des manœuvres. Parmi les engins moteurs Diesel Infrabel nous distinguons, l'Outillage spécial de la voie, les engins moteurs diesel pour remorquer des trains techniques et les autorails caténaires. En plus Infrabel circule avec des autorails de mesures.



Train technique Infrabel tracté par un HLD 62



engins moteurs diesel Infrabel

Automotrices et autorails

Il s'agit d'ensembles de voitures groupées par deux, trois ou quatre; les groupes pouvant être accouplés les uns aux autres. Ces véhicules possèdent leurs propres moteurs. Aux extrémités de chaque groupe (= une rame) se trouvent des postes de conduite qui servent alternativement selon le sens de marche du train.



Automotrice électrique "Desiro"



Autorail de mesures caténaire

Trains à grande vitesse

Des trains qui assurent des liaisons internationales rapides pour voyageurs.



Thalys



Eurostar

Voitures

Du matériel tracté principalement destiné pour le trafic intérieur de voyageurs.



Voiture pilote M6 (voiture à double étage pourvue d'un poste de conduite)

2. Les voies

Sur quelle infrastructure circule un train?

Les trains circulent sur des voies. Les voies sont composées de rails dont l'écartement (1435mm) est maintenu à l'aide de traverses en béton ou en bois. Les voies reposent sur un lit de pierres (ballast).



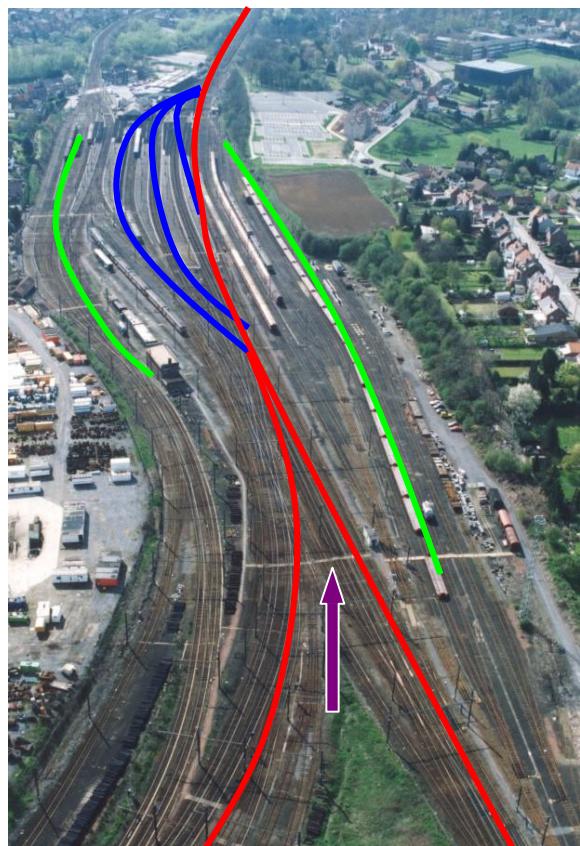
Les voies des lignes et des gares font l'objet d'une distinction particulière.

En ligne, nous trouvons les voies principales; celles-ci relient deux gares voisines ou deux lignes.

Dans les gares, nous trouvons:

- **les voies principales directes** pour les trains en passage ;
- **les voies principales de réception** pour la réception des trains qui s'arrêtent en gare;
- **les voies de manœuvres** pour l'exécution des manœuvres.

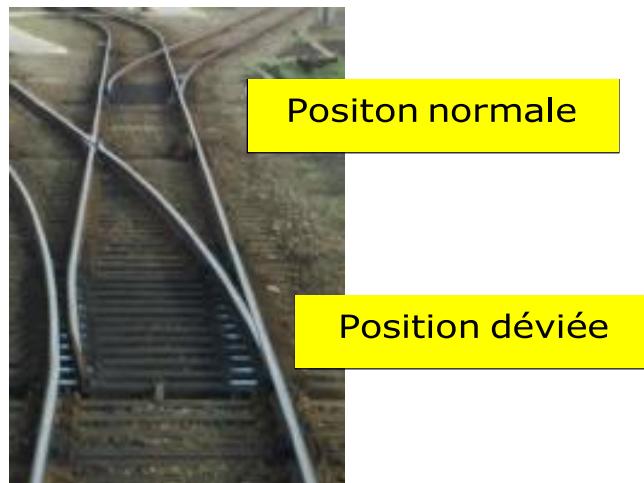
Une “**bifurcation**” est l'endroit où une ligne se détache d'une autre ligne.



Pour la liaison et le croisement des lignes on utilisent des appareils de voies: les croisements et les aiguillages.

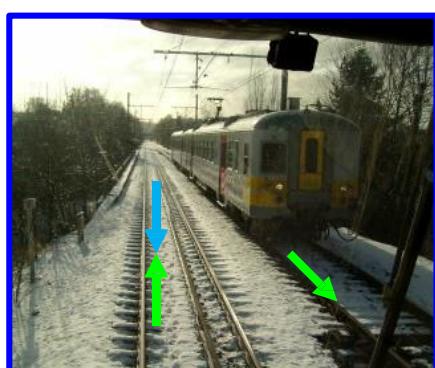
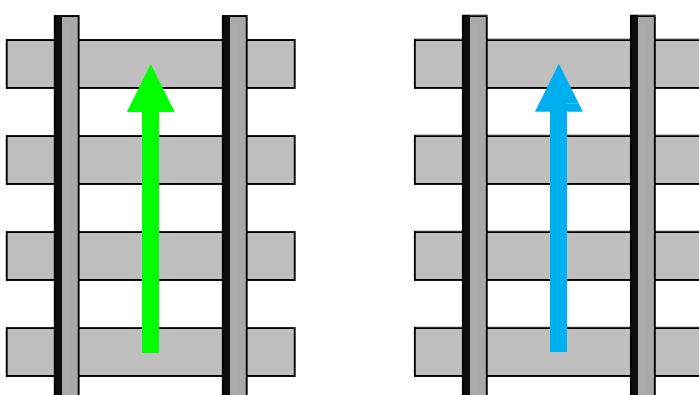
Chaque aiguillage peut occuper une position normale ou une position déviée. En position normale, l'aiguillage est parcouru à la vitesse maximale autorisée. En position déviée, l'aiguillage permet le passage sur la voie voisine, souvent à une vitesse réduite.

Exemple:



Sur les lignes à double voie, la circulation **normale** des trains s'effectue à gauche par rapport au sens de marche. C'est ce qu'on appelle le **régime de circulation à voie normale**. La circulation dans le sens opposé au sens normal est appelé le **régime de circulation à contre-voie**.

Exemple:

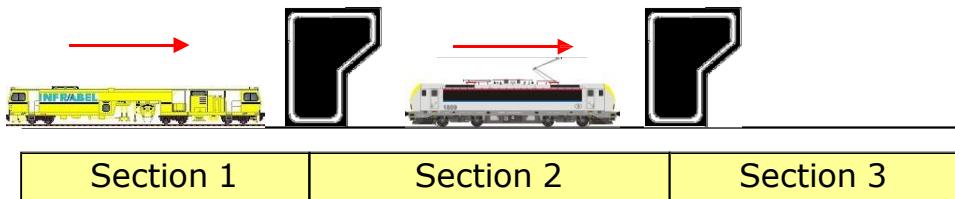




3. Les signaux lumineux

Chaque ligne est divisée en "morceaux" appelés sections. Chaque section est délimitée par un signal d'entrée et un signal de sortie. Le signal d'entrée autorise l'entrée d'un train dans la section. Le signal de sortie de la section 1 est le signal d'entrée de la section 2, etc...

Exemple:



Le signal d'entrée autorise l'entrée d'un train dans la section si le train précédent a quitté cette section. Plus grand est le nombre de sections qui divisent la ligne, plus grand est le nombre de trains admissibles sur la ligne. La longueur moyenne d'une section varie entre 1000 à 1500 mètres.

Dans une section normale, la distance entre les deux signaux est suffisante pour que le train s'arrête en toute sécurité.

Dans une courte section, la distance entre les deux signaux n'est pas suffisante pour s'arrêter. Le train doit commencer à ralentir plus tôt.

L'ouverture d'un signal (autorisation de circuler) s'effectue par l'intervention du desservant d'un poste de signalisation (le signaleur/opérateur) ou de manière automatique. La fermeture d'un signal (interdiction de circuler) est toujours automatique.

Les indications d'un signal lumineux sont données par des unités lumineuses placées dans un panneau de forme caractéristique. Par temps clair, les indications des signaux lumineux sont visibles à environ 1 km ; de nuit, celles-ci sont visibles à plus de 2 km.

Les unités lumineuses présentent les couleurs rouge, jaune et verte. Le cas échéant, elles font l'objet de différentes combinaisons. Il existe des signaux de voie normale et de contre-voie, des signaux de vitesse, etc...

Les signaux sont constitués de différents éléments:



Les aspects des feux principaux présentés à l'écran principal des signaux

La colonne de gauche présente les signaux s'adressant à la VOIE NORMALE (VN) ; la colonne de droite présente les signaux s'adressant à la CONTRE-VOIE (CV).

Les signaux de CV sont symétriques par rapport aux signaux de VN ; les feux principaux des signaux de CV sont clignotants.

VN	CV	Signification des aspects
		Feu Vert (V) Autorise le passage.
		Deux feux jaunes (2J) Autorise le passage, le signal suivant présente le feu rouge.
		Feu rouge (R) Interdit le passage.
		Feux vert et jaune horizontaux (VJH) Autorise le passage; le signal suivant autorise le passage avec une indication de vitesse réduite.
		Feux vert et jaune verticaux (VJV) Autorise le passage; le signal suivant autorise le passage et est suivi d'une courte section (une courte section est une section dont la longueur est trop courte pour s'arrêter).

Les indications présentées à l'écran complémentaire supérieur

		Chevron Autorise le passage avec changement de régime au droit du signal : <ul style="list-style-type: none"> • si les feux de l'écran principal sont fixes, passage du régime de VN au régime de CV ; • si les feux de l'écran principal sont clignotants, passage du régime de CV au régime de VN.
		Symbol "voie en impasse" Autorise le passage vers une voie en impasse (par exemple Ostende, Anvers-Central, ...).

Les indications présentées à l'écran complémentaire inférieur

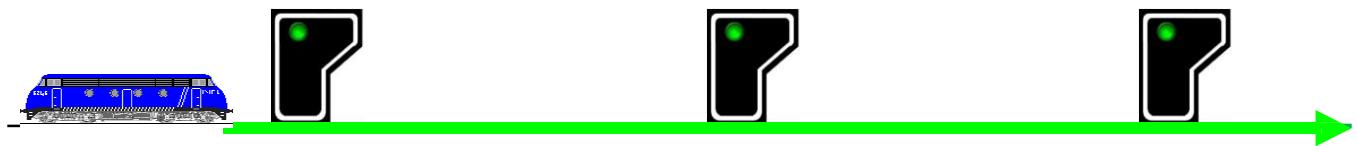
		Nombre éclairé Exprime en dizaines de km/h la vitesse à respecter à partir du signal.
--	--	---

Plaque d'identification d'un signal

	Plaque d'identification d'un signal à voie normale
	Plaque d'identification d'un signal à contre-voie Un trait diagonal figure à chaque coin.

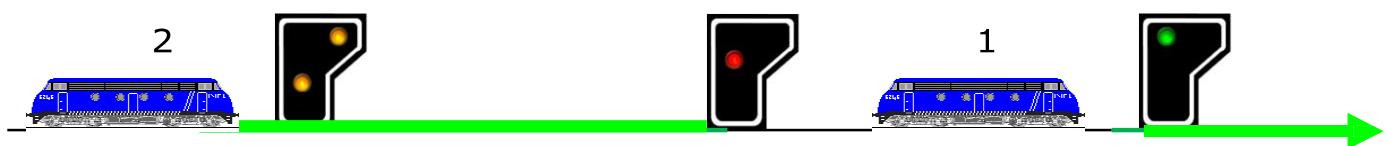
Dans les exemples qui suivent, le parcours autorisé est représenté par une ligne verte.

1) Aspect feu vert (V)



Passage sans restriction.

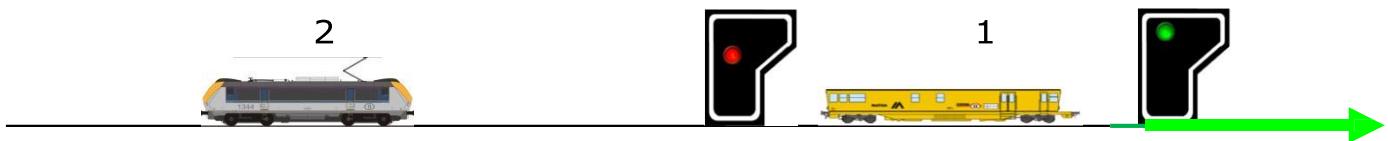
2) Aspect deux feux jaunes (2J)



Passage sans restriction pour le train 1.

Le train 2 rencontre l'aspect 2J; le conducteur de train doit freiner avant le signal présentant 2J pour être arrêté avant le signal qui présente le feu rouge (R).

3) Aspect feu rouge (R)



Passage sans restriction pour le train 1.

Le train 2 est arrêté devant le signal qui présente R. Il doit attendre la libération de la section occupée par le train 1. Dès que celui-ci a libéré la section, le signal devant lequel le train 2 est arrêté s'ouvre en présentant 2J.

Le schéma suivant nous montre l'évolution de la situation lorsque le train 1 est dans la section suivante :



4) Aspect feux vert et jaune horizontaux (VJH)



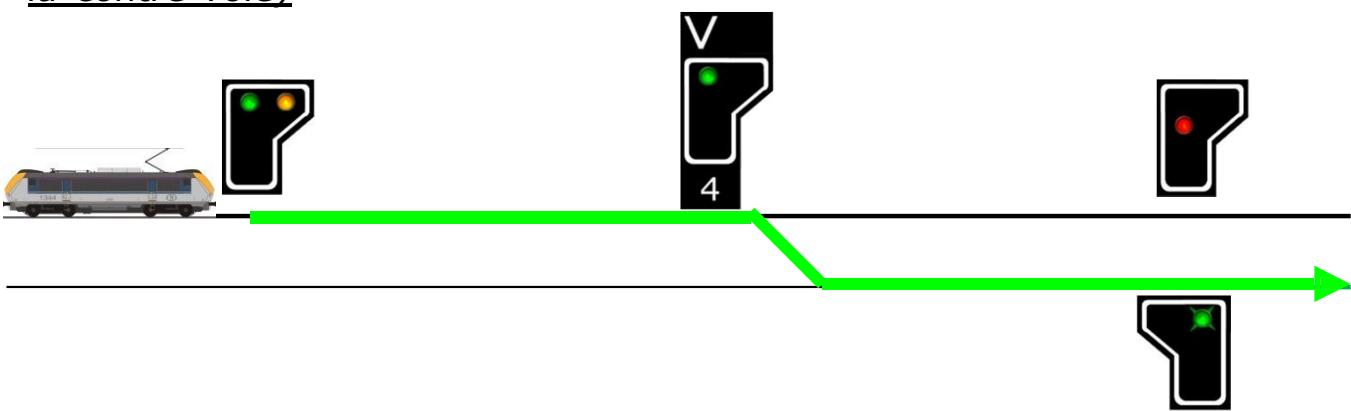
Le passage est autorisé. Le signal suivant autorise le passage mais impose une vitesse réduite (40 km/h) dont la valeur en dizaines de km/h est représentée par le nombre éclairé en blanc à l'écran complémentaire inférieur du signal.

5) Aspect vert jaune verticaux (VJV) suivi par un signal dont l'aspect est deux feux jaunes (2J)



Le passage est autorisé. Le deuxième signal présente l'aspect 2J; il est suivi d'un troisième signal qui présente R. La section entre le deuxième et le troisième signal est une courte section ce qui signifie que la distance n'est pas suffisante pour s'arrêter. Le train commence donc à ralentir au signal VJV pour pouvoir s'arrêter sûrement avant le signal qui présente R.

6) Changement de régime de circulation (passage de la voie normale à la contre-voie)



Passage autorisé. Le deuxième signal présente une indication de vitesse réduite à l'écran complémentaire inférieur et un chevron blanc éclairé à l'écran complémentaire supérieur. Le changement de régime a lieu au droit du signal. En aval de ce signal, le conducteur de train doit rencontrer des signaux dont les feux de l'écran principal clignotent ; le train circule en régime de CV.

4. La signalisation de vitesse

La signalisation de vitesse est constituée de panneaux et de signaux fixes qui donnent des indications relatives à la vitesse maximale à laquelle les trains peuvent circuler.

Les panneaux de vitesse sont réfléchissants. Ils sont placés à une hauteur telle qu'ils sont éclairés par les phares des trains et sont ainsi visibles de nuit.

Les indications de vitesse qui apparaissent sur les écrans complémentaires des signaux ont été traitées dans le point 3 ci-avant.

Les aspects et les significations des panneaux de vitesse

	Panneau de vitesse de référence Ce panneau indique, en dizaines de km/h, la valeur de la vitesse de référence ; celle-ci est la vitesse maximale autorisée de la ligne.
	Panneau d'annonce Ce panneau annonce la valeur, en dizaines de km/h, de la vitesse réduite qui ne peut être dépassée dans la zone à vitesse réduite.
	Panneau d'origine Ce panneau indique, en dizaines de km/h, le début de la zone à vitesse réduite.
	Panneau de fin de zone Ce panneau indique l'endroit où la vitesse peut être relevée (90 km/h dans ce cas). La valeur de la vitesse indiquée, en dizaines de km/h, sur le panneau est inférieure à la vitesse de référence de la ligne.

1) Réduction de la vitesse



Le conducteur de train doit freiner, au plus tard au droit du panneau d'annonce, pour être en mesure de respecter la vitesse réduite imposée au panneau d'origine.

2) Relèvement de la vitesse à une valeur inférieure à la vitesse de référence



Lorsque le train a complètement dépassé le panneau de fin de zone, le conducteur de train peut relever la vitesse du train à 90 km/h. Cette vitesse est inférieure à la vitesse de référence de la ligne.

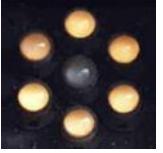
3) Relèvement de la vitesse jusqu'à la vitesse de référence



Lorsque le train a complètement dépassé le panneau de vitesse de référence, le conducteur de train peut relever la vitesse à 140 km/h. Cette vitesse est la vitesse de référence de la ligne.

5. Les signaux divers

Le réseau ferroviaire comporte encore d'autres signaux et panneaux qui informent le conducteur de train ou qui lui imposent des missions, comme:

		Indicateur "Opérations Terminées"(IOT) Gauche : le feu rouge indique que les opérations sont terminées, mais le train NE peut PAS être déplacé. Droite : les feux blancs ou jaunes indiquent que le train PEUT être déplacé.
		Panneau repère d'extrémité de quai Ce panneau indique où se situe l'extrémité du quai afin de faciliter la mise à quai des trains de voyageurs.
		Panneau d'annonce de point d'arrêt Ce panneau annonce l'approche d'un point d'arrêt ou d'une gare dont le quai peut être difficile à localiser. Les lettres « KAP » font référence au point d'arrêt de Kapellen.
		Panneau de mise à quai des trains de voyageurs Ce panneau indique l'endroit le plus favorable pour la mise à quai d'un train en fonction du nombre de voitures du train.
		Signal mobile rouge Ce signal interdit le passage à tous les mouvements.
		Signal mobile jaune Ce signal autorise le passage à une vitesse maximale de 20 km/h.
		Signal mobile vert Ce signal autorise le passage sans restriction.

Les signaux des véhicules

Les signaux optiques : les trains sont équipés à l'avant de deux ou trois phares de couleur blanche et à l'arrière de deux feux de couleur rouge, disposés horizontalement.



Les trains de marchandises portent une ou deux lanternes de queue :



Les signaux acoustiques sont donnés par les engins moteurs à l'aide du klaxon.

Exemples :

- avertir les voyageurs présents sur les quais ;
- avertir les personnes se trouvant dans les voies ou à proximité des voies ;
- ...



Operateur Conducteur

Infrabel

FREINAGE DES TRAINS

PRINCIPES DE BASE



Table des matières

	Pages
1. Principes de fonctionnement du frein	3
2. Fonctionnement du frein automatique	6
3. Fonctionnement du frein direct	8
4. Le frein d'immobilisation	9
5. Les essais de frein	9

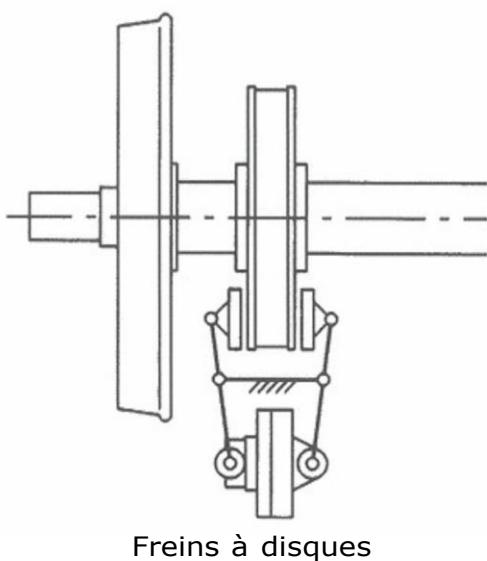
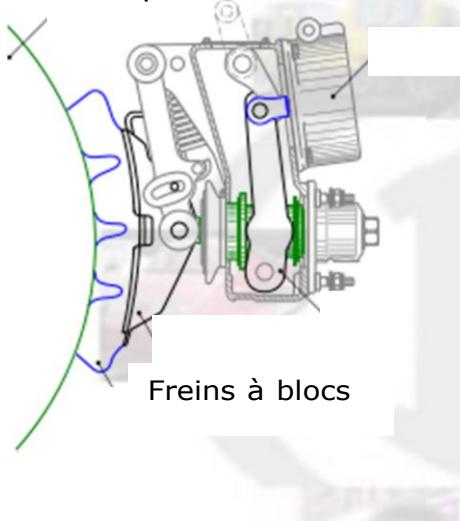
1. Principes de fonctionnement du frein

1.1 Notions élémentaires

En principe, tous les véhicules ferroviaires sont équipés du frein continu automatique.

Le frein est utilisé pour ralentir les mouvements, les arrêter et en assurer l'immobilisation.

Le serrage des freins s'effectue pneumatiquement par la commande du robinet de frein et la timonerie. La timonerie transmet l'effort de freinage par la friction des blocs sur la surface de roulement des roues ou par la friction des semelles de frein sur les faces latérales d'un disque fixé sur l'essieu.



1.2 Continuité du frein

Le frein est dit "continu" lorsque tous les freins des véhicules sont reliés entre eux et actionnés d'un seul endroit du train.

1.3 Automaticité du frein

Le frein est dit "automatique" lorsqu'il s'applique de lui-même en cas d'avarie de nature à compromettre son bon fonctionnement comme par exemple :

- Une rupture d'attelage ;
- Le fonctionnement d'un dispositif de sécurité ;
- La mise en service du frein d'urgence ;
- L'avarie à un boyau pneumatique de la conduite du frein automatique ...

1.4 Modérabilité du frein

Le frein est modérable lorsque l'effort de freinage est réglable au serrage et au desserrage.

1.5 Éléments principaux de l'équipement du frein

Chaque train est équipé d'un compresseur qui aspire l'air atmosphérique et le comprime. Cet air comprimé est stocké dans un ou plusieurs réservoir(s) principaux à la pression de 9 bars.

Le train dispose d'une conduite du frein automatique (CFA) qui parcourt l'ensemble du train. La CFA est accouplée d'un véhicule à l'autre au moyen de boyaux souples. En queue de train, la CFA est fermée par le robinet d'arrêt du dernier véhicule. Pour assurer la continuité de la CFA, le robinet d'arrêt (de la CFA) de chaque véhicule intermédiaire est ouvert.

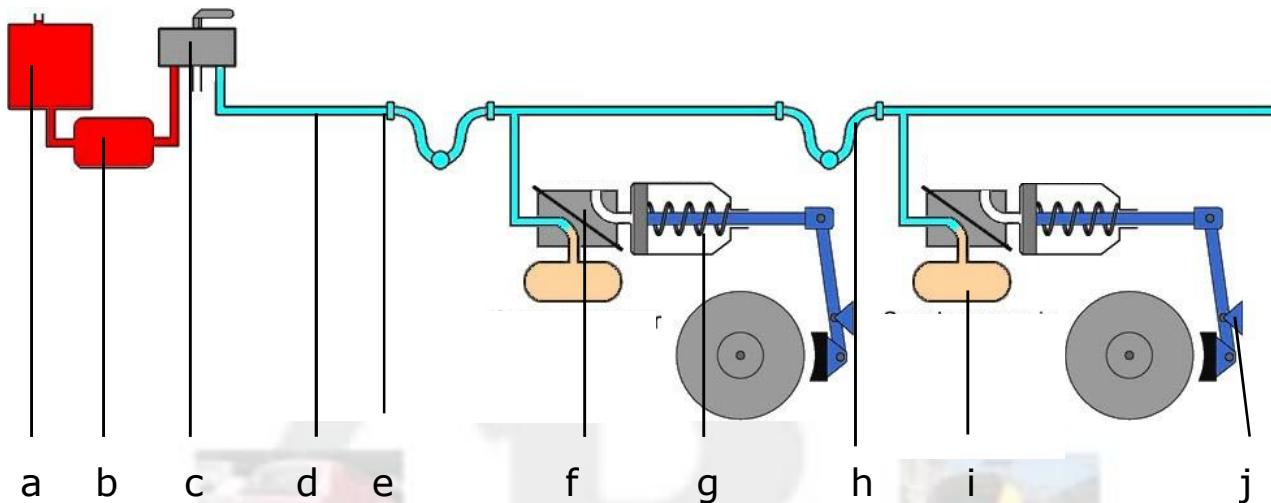
Dans chaque cabine de conduite d'un train, se trouve en principe un robinet du frein automatique qui alimente la CFA à la pression de 5 bars. (Sauf certains engins moteurs où l'alimentation est assurée par une électrovalve).

La desserte du robinet du frein automatique permet au conducteur de train de faire varier la pression dans la CFA soit en créant une dépression pour obtenir le serrage des freins, soit pour rétablir la pression à 5 bars pour obtenir le desserrage des freins.

En créant une dépression dans la CFA, le distributeur alimente les cylindres de frein en puisant l'air dans le réservoir auxiliaire. Celui-ci est alimenté par de l'air venant de la CFA.

Le déplacement du piston du cylindre de frein permet à la timonerie de se mouvoir et de transmettre ce mouvement aux blocs de frein.

L'effort de freinage varie en fonction de la valeur de la dépression créée dans la CFA.



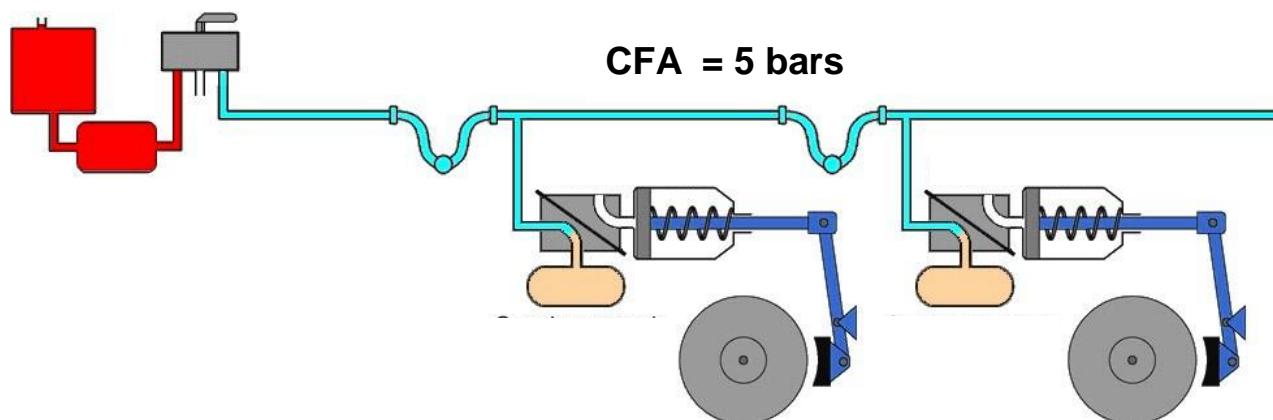
a	compresseur
b	réservoir principal
c	robinet du frein automatique
d	conduite du frein automatique - CFA
e	robinet d'arrêt
f	distributeur
g	cylindre de frein
h	boyau souple d'accouplement
i	réservoir auxiliaire
j	bloc de frein et timonerie

2. Fonctionnement du frein automatique

2.1 Freins desserrés

La CFA est alimentée à la pression de régime de 5 bars. Le robinet du frein automatique est en position de marche.

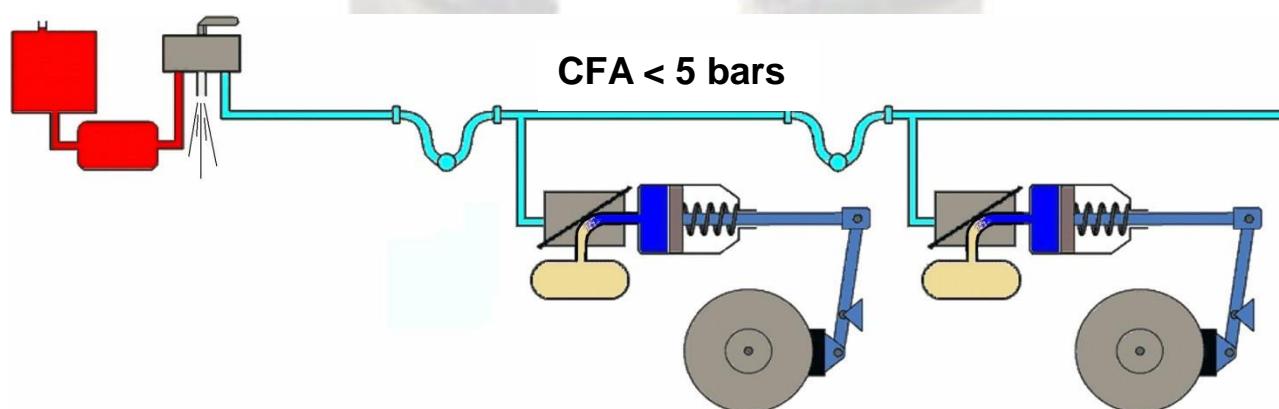
Le distributeur établit la communication entre le réservoir auxiliaire et la CFA, de même qu'entre le cylindre de frein et l'atmosphère.



2.2 Serrage des freins

Au moyen du robinet du frein automatique, le conducteur crée une dépression dans la CFA.

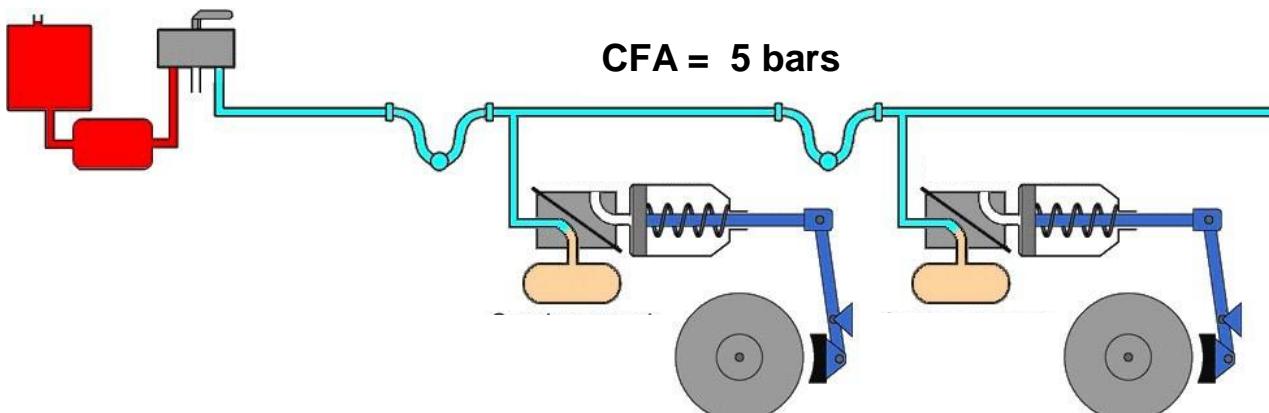
Le distributeur interrompt la communication entre le cylindre de frein et l'atmosphère et permet au réservoir auxiliaire d'alimenter le cylindre de frein en air.



2.3 Desserrage des freins

En plaçant le robinet du frein automatique en position de marche, le conducteur réalmente la CFA à 5 bars.

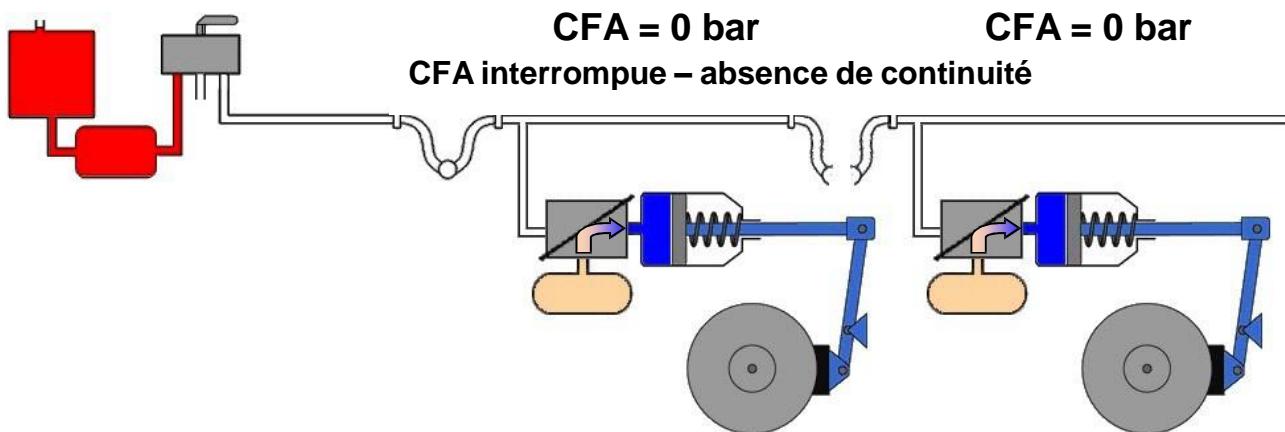
Le distributeur établit à nouveau la communication entre le cylindre de frein et l'atmosphère, le réservoir auxiliaire n'alimente plus le cylindre. Le réservoir auxiliaire est alimenté par la CFA.



2.4 Serrage automatique des freins lors d'une rupture de la CFA

La continuité de la CFA est interrompue.

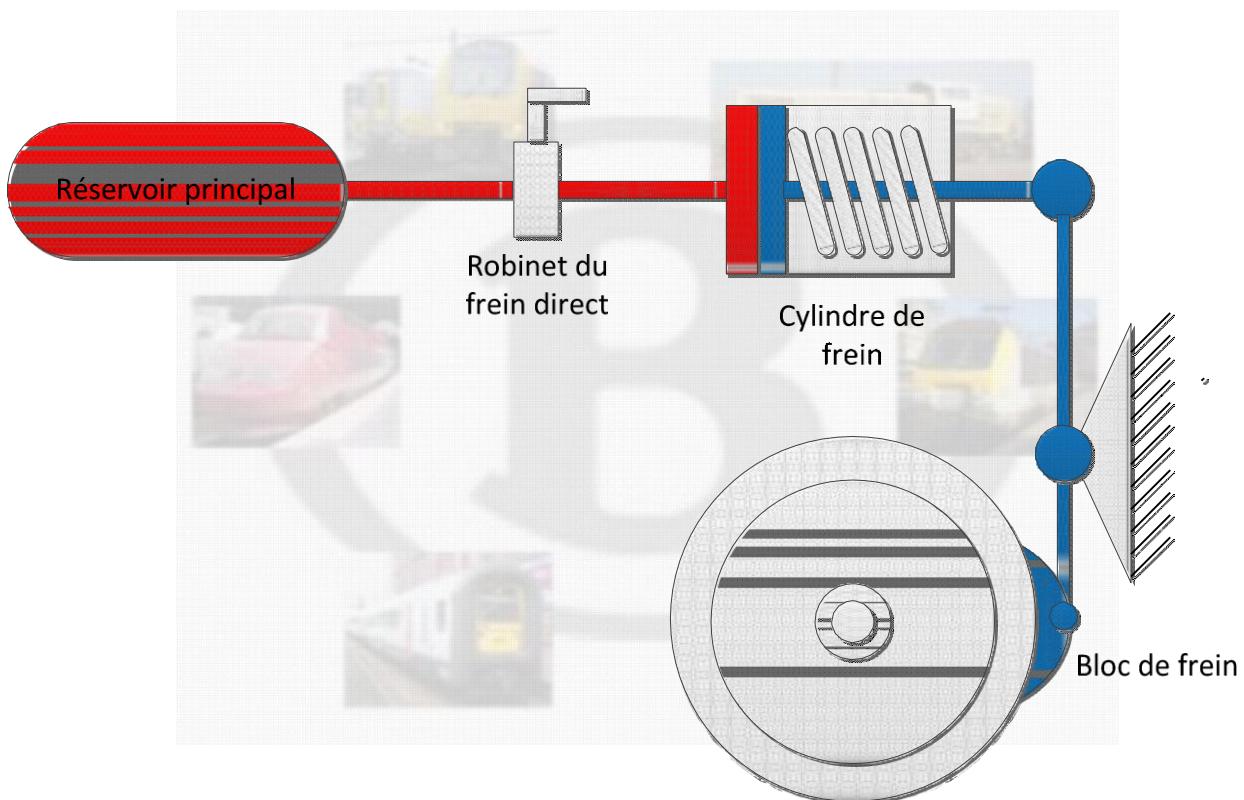
Le distributeur interrompt la communication entre le cylindre de frein et l'atmosphère, et établit la communication entre le réservoir auxiliaire et le cylindre de frein. L'air comprimé provenant du réservoir auxiliaire arrive au cylindre via le distributeur, les freins s'appliquent.



3. Fonctionnement du frein direct

A côté du frein automatique, les locomotives disposent d'un frein direct qui agit uniquement sur le frein de la locomotive. La pression dans la CFA reste stabilisée à 5 bars.

Au moyen du robinet du frein direct, le conducteur alimente directement les cylindres de frein de la locomotive. Lorsque le conducteur place le robinet du frein direct en position de desserrage, le cylindre de frein est mis en liaison directe avec l'atmosphère et les freins se desserrent.



4. Le frein d'immobilisation

Chaque véhicule ferroviaire est également équipé d'un frein qui assure l'immobilisation (dans un faisceau de garage, un atelier ou tout autre endroit) sans l'intervention du système pneumatique.



Commande manuel du frein d'immobilisation

5. Les essais de frein

5.1 Les essais de frein effectués aux trains

Avant le départ d'un train, un essai de frein est toujours exécuté.

Les essais de frein sont effectués par le conducteur de train en collaboration avec un deuxième agent.

L'essai de frein a pour but de vérifier le bon fonctionnement au serrage et au desserrage des freins du train. La continuité de la CFA est également vérifiée.

Ces essais doivent toujours aboutir à un résultat concluant.



Le conducteur actionne le robinet de frein



Le 2^{ème} agent effectue les vérifications prévues

5.2 Essais de fonctionnement des freins à la mise en service d'une cabine de conduite

A la mise en service d'une cabine de conduite, des essais de fonctionnement des robinet(s) de frein sont effectués par le conducteur. Les résultats de ces essais doivent être concluants avant de pouvoir déplacer le véhicule.

Cabinne de conduit, autorail INFRABEL

PREPARATION A
L'EPREUVE TECHNIQUE
POUR
OPERATEUR CONDUCTEUR INFRABEL



Cette brochure est mise à notre disposition par B-TC.06

Cher candidat opérateur conducteur Infrabel (OCI),

En tant qu'opérateur conducteur Infrabel, vous jouez un rôle essentiel au sein d'Infrabel. Vous êtes un garant de la sécurité pour nos clients. Vous veillez également à ce que nos machines arrivent à destination à temps. Vous devez savoir faire face à des imprévus et parfois réparer des petites pannes. Bref, vous êtes fasciné par la conduite des engins ferroviaires et vous suivez de près les nouvelles technologies.

A la séance d'information, on vous expliquera tout sur la sélection, la formation et le travail d'opérateur conducteur Infrabel. Attention : pendant toute la procédure de sélection vous serez évalué sur votre motivation, votre comportement, vos facultés de raisonnement et de compréhension, ainsi que sur vos connaissances techniques (mécanique, électricité et pneumatique) telles que précisées dans le programme de l'épreuve.

Avec cette brochure nous voulons vous aider à rafraîchir ou approfondir vos connaissances techniques.

Nous vous souhaitons bonne chance et espérons vous accueillir dès que possible en tant que nouveau collègue.

Je vous prie de recevoir mes salutations

ir. José Agache
Ingénieur en chef, chef de service

Table des matières

PARTIE 1 : MÉCANIQUE.....	1
1 Qu'est-ce que la mécanique comprend ?	1
2 Statique.....	1
2.1 Force	1
2.2 Moment d'une force	1
2.3 Couple de forces	2
2.4 Conditions générales d'équilibre	3
3 Cinématique.....	3
3.1 Caractéristiques d'un mouvement	3
3.2 Mouvement rectiligne uniforme	4
4 Dynamique.....	5
4.1 Relations entre force, masse et mouvement	5
4.2 Pesanteur	5
4.3 Masse et poids	6
4.4 Travail mécanique	6
4.5 Puissance mécanique	7
PARTIE 2: ÉLECTRICITÉ	8
1 Qu'est-ce que l'électricité comprend?	8
2 Unités électriques	8
2.1 Tension	8
2.2 Courant	9
2.3 Résistance	9
3 Courant continu et alternatif	10
4 Loi d'Ohm	10
5 Travail électrique	11
6 Puissance électrique	11
7 L'effet Joule	12
8 Court-circuit	13
PARTIE 3 : PNEUMATIQUE	14
1 Qu'est-ce que la pneumatique comprend ?	14
2 Pression.....	14
3 Applications dans les véhicules ferroviaires	15

PARTIE 1 : MÉCANIQUE

1 Qu'est-ce que la mécanique comprend ?

La mécanique comprend l'étude de l'équilibre et du mouvement des corps.

2 Statique

2.1 Force

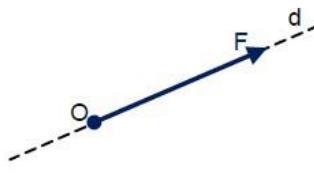
Une force peut avoir différentes origines : force produite par les muscles, par le vent, par l'eau, par l'électricité, par la pesanteur, etc....

Une **force (F)** a 4 caractéristiques :

- un **point d'application**. C'est le point où agit la force ;
- une **direction**. C'est la ligne suivie par le point d'application de la force lorsque le corps se déplace. Cette ligne est appelée la ligne d'action ;
- un **sens**. Suivant la direction, le corps peut se déplacer à gauche, à droite, vers le haut ou vers le bas ;
- une **grandeur**. Le grandeur d'une force s'exprime en **Newton (N)**.

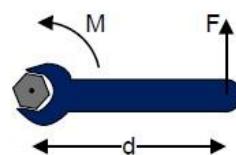
Une force **F** est représentée par un vecteur:

- le point **O** est le point d'application de la force ;
- la force se fait dans la direction **d** ;
- le sens est défini par la flèche ;
- la longueur du vecteur est une représentation de la grandeur ou de l'intensité de la force (p. ex. : 1 cm = 1 N).



2.2 Moment d'une force

Si une force est exercée sur un corps, il peut commencer à tourner. Pensons par exemple à l'ouverture d'une porte ou le serrage d'une vis. Nous exerçons un moment qui les fait pivoter.



La vitesse de rotation, dépend des facteurs suivants :

- l'**intensité** de la force (**F**) ;
- le **point d'application** de la force. Plus la distance (**d**) entre le centre de rotation et le point d'application est grande, moins la force exigée est élevée ;
- la **direction** de la force.

Le **moment (M)** d'une force par rapport à un axe est le résultat de la multiplication de l'intensité de cette force par la distance mesurée perpendiculairement qui sépare l'axe et la ligne d'action de la force, à condition que la force se trouve dans un plan perpendiculaire à l'axe de rotation.

$$M = F \times d$$

M : moment (Nm)

F : force (N)

d : distance perpendiculaire (m)

Le **moment (M)** d'une force autour d'un point est le résultat de la multiplication de l'intensité de cette force par la distance mesurée perpendiculairement entre le point et la ligne d'action de la force.

L'unité de moment est le **Newtonmètre (Nm)**.

Exemple

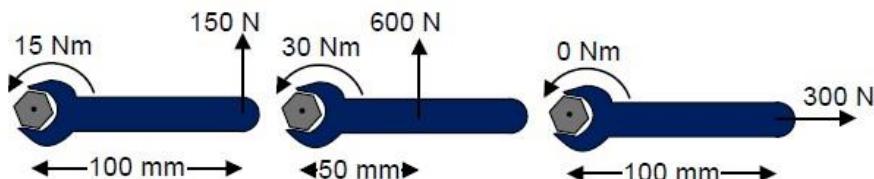
Ci-dessous la figure montre le moment dans 3 situations différentes.

- dans la figure de gauche il y a une force de 150 N qui actionne à une distance de 100 mm de l'axe de rotation. Il y a donc pour le moment :

$$M = 150 \text{ N} \times 0,1\text{m} = 15 \text{ Nm}$$
- dans la figure centrale il y a une force de 600 N qui actionne à une distance de 50 mm de l'axe de rotation. Il y a donc pour le moment :

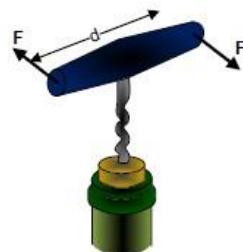
$$M = 600 \text{ N} \times 0,05 \text{ m} = 30 \text{ Nm}$$
- dans la figure de droite, la distance perpendiculaire entre la direction et le centre de rotation est égale à zéro. Le moment est donc égal à zéro et l'écrou ne tourne pas :

$$M = 300 \text{ N} \times 0 \text{ m} = 0 \text{ Nm}$$



2.3 Couple de forces

Deux forces parallèles et de même intensité ayant des lignes d'actions différentes ainsi que des sens opposés forment un **couple de forces (T)**. Un couple cause une rotation. Pense par exemple à un tire-bouchon.



Le moment du couple est égal au résultat de la multiplication $F \times d$, il est indépendant du centre de rotation.

L'unité du couple de forces est, comme pour le moment, le **Newtonmètre (Nm)**.

2.4 Conditions générales d'équilibre

Un corps est en équilibre statique lorsque :

- la somme de toutes les forces qui agissent sur le corps est nulle ;
- la somme des moments de toutes les forces qui agissent par rapport à un point est nulle.

3 Cinématique

3.1 Caractéristiques d'un mouvement

A La trajectoire

La **trajectoire** est la ligne parcourue par un corps qui se déplace. La distance qui est parcourue est le chemin parcouru. Le **chemin parcouru (s)** s'exprime en mètre.

B Le temps

Un corps bouge ou se déplace pendant un certain **temps (t)**. Le temps s'exprime en **seconde (s)**.

C La vitesse

La **vitesse (v)** d'un mouvement est le chemin parcouru pendant l'unité de temps.

$$v = \frac{s}{t}$$

v : vitesse (m/s)
s : distance parcourue (m)
t : temps (s)

La vitesse s'exprime en **m/s**. 1 m/s=3,6 km/h. Il y a:

$$3,6 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 3,6 \times \frac{1000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = 1 \text{ m/s}$$

Exemple

Un train qui circule à 160 km/h parcourt une distance de $\frac{160}{3,6} = 44,4$ mètres par seconde.

D L'accélération

L'**accélération (a)** d'un mouvement est la valeur de l'augmentation de la vitesse par unité de temps.

$$a = \frac{\Delta v}{t}$$

a : accélération (m/s²)
 Δv : augmentation de la vitesse (m/s)
 t : temps (s)

L'augmentation de la vitesse est la différence entre la vitesse initiale et la vitesse finale :

Δv : augmentation de la vitesse (m/s)

$$\Delta v = v_{\text{finale}} - v_{\text{initiale}}$$

v_{finale} : vitesse finale (m/s)

v_{initiale} : vitesse initiale (m/s)

L'accélération peut être positive ou négative :

- si la vitesse augmente, il y a une accélération. L'accélération est positive ;
- si la vitesse baisse, il y a un ralentissement. L'accélération est négative.

L'unité d'accélération ou de ralentissement est le **m/s²**.

Exemple

Un train circule à 160 km/h et freine jusqu'à l'arrêt avec un ralentissement constant $a=-0,5$ m/s². Après combien de temps le train s'arrête-t-il ?

Solution

$$\text{La vitesse de } 160 \text{ km/h correspond à } v = \frac{160 \text{ km/h}}{3,6 \text{ m/s}} = 44,4 \text{ m/s.}$$

$$t = \frac{\Delta v}{a} = \frac{0 \text{ m/s} - 44,4 \text{ m/s}}{-0,5 \text{ m/s}^2} = \frac{-44,4 \text{ m/s}}{-0,5 \text{ m/s}^2} = 89 \text{ s.}$$

3.2 Mouvement rectiligne uniforme

Un **mouvement rectiligne uniforme** est un mouvement rectiligne dont la vitesse est constante.

Il s'agit pour ce mouvement :

$$a = 0$$

a : accélération (m/s²)

$$v = \text{constant}$$

v : vitesse (m/s)

$$s = v \times t$$

s : distance parcourue (m)

t : temps (s)

Exemple

Un train circule à 90 km/h :

- combien de temps faut-il pour parcourir 5750 m ?
- quel est le chemin parcouru après 750 s ?

Solution

$$\text{Le train roule à } 90 \text{ km/h ou } v = \frac{90}{3,6} = 25 \text{ m/s.}$$

Le temps nécessaire pour parcourir 5750 m :

$$t = \frac{s}{v} = \frac{5750 \text{ m}}{25 \text{ m/s}} = 230 \text{ s.}$$

Le chemin parcouru après 750 s :

$$s = v \times t = 25 \text{ m/s} \times 750 \text{ s} = 18750 \text{ m.}$$

4 Dynamique

4.1 Relations entre force, masse et mouvement

Une force est l'origine d'une accélération. La conséquence est de la même nature et proportionnelle à l'origine.

$$F = m \times a$$

F : force (N)

m : masse (kg)

a : accélération (m/s²)

Exemple

Déterminez la force nécessaire afin d'accélérer à 4 m/s² un objet d'une masse de 15 kg ?

Solution

$$F = m \times a = 15 \text{ kg} \times 4 \text{ m/s}^2 = 60 \text{ N.}$$

Exemple

Une force de 50 kN accélère un objet avec 0,2 m/s². Déterminez la masse de cet objet ?

Solution:

La masse du train :

$$m = \frac{F}{a} = \frac{50000\text{N}}{0,2\text{m/s}^2} = 250000 \text{ kg} = 250 \text{ tonnes}$$

4.2 Pesanteur

La pesanteur est la force avec laquelle les objets sont attirés vers la terre.

Si un corps est lâché d'une certaine hauteur, il va accélérer uniformément sous l'influence de la force de la pesanteur. La valeur de l'accélération due à la pesanteur (g) n'est pas constante en tous les points du globe. Dans nos régions, la valeur de g est de 9,81 m/s². La pesanteur est donc :

$$F = m \times 9,81$$

F : pesanteur (N)

m : masse (kg)

Exemple

Avec quelle force un objet ayant une masse de 5 kg est-il attiré vers la terre ?

Solution

$$F = m \times 9,81 = 5 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 49,05 \text{ N.}$$

Pour simplifier les calculs, g est souvent arrondi à 10 m/s².

4.3 Masse et poids

La **masse** d'un corps est le rapport de la force appliquée au corps à l'accélération que cette force lui communique. La masse correspond à la quantité de matière. La masse est exprimée en kilogramme (kg).

$$m = \frac{F}{a}$$

m :masse (kg)
F :force (N)
a :accélération (m/s^2)

Cette expression montre que lorsque la force est constante, l'accélération est d'autant plus petite que la masse du corps est grande.

Le **poids** est la pesanteur qu'un objet subit. Le poids s'exprime en Newton.

Exemple

- Une locomotive a une masse d'environ 85 tonnes ou un poids de 850000 N.
- Une personne a une masse de 80 kg ou un poids de 800 N.

4.4 Travail mécanique

Le travail mécanique est le produit de la force appliquée et du déplacement engendré par cette force.

$$W = F \times s$$

W :travail (J)
F :force (N)
s :déplacement (m)

Le travail s'exprime en Joule (J). 1 J=1 N x m.

Il faut de l'énergie pour produire du travail. L'énergie est la faculté de produire du travail.

Exemple

Une locomotive tire une série de wagons avec une force de 150 kN et les déplace sur une distance de 20 km. Quel est le travail fourni par la locomotive ?

Solution

$$W = F \times s = 150000 \text{ N} \times 20000 \text{ m} = 3000000000 \text{ J} = 3000 \text{ MJ}.$$

Exemple

Quelle est la valeur du travail fourni pour mettre un sac de 10 kg sur une table qui est haute de 1 m ?

Solution

$$W = F \times s = 100 \text{ N} \times 1\text{m} = 100 \text{ J}.$$

4.5 Puissance mécanique

La puissance est égale au travail par unité de temps.

$$P = \frac{W}{t}$$

P : puissance (W)
W : travail (J)
t : temps (s)

La puissance s'exprime en Watt (W). 1 W=1 J/s.

Exemple

Deux ouvriers transportent chacun 30 kg de briques à une hauteur de 5 m. L'un a mis une minute pour effectuer ce travail, le second a réalisé le même travail en deux minutes :

- déterminez le travail que chaque ouvrier délivre ?
- déterminez la puissance que chaque ouvrier délivre ?

Solution

Les deux ouvriers ont fourni un travail identique :

$$W = F \times s = 300 \text{ N} \times 5 \text{ m} = 1500 \text{ J}.$$

L'ouvrier qui transporte les briques en une minute, développe la plus grande puissance:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{1500 \text{ J}}{60 \text{ s}} = 25 \text{ J/s} = 25 \text{ W}.$$

L'ouvrier qui transporte les briques en deux minutes, développe une puissance :

$$P = \frac{W}{t} = \frac{1500 \text{ J}}{120 \text{ s}} = 12,5 \text{ J/s} = 12,5 \text{ W}.$$

Exemple

- Une locomotive moderne fournit une puissance d'environ 5 MW au maximum.
- La centrale nucléaire de Tihange fournit une puissance de 3 GW au maximum.

PARTIE 2 : ÉLECTRICITÉ

1 Qu'est-ce que l'électricité comprend ?

Tous les objets autour de nous sont constitués de particules : les atomes. Chaque atome est constitué à son tour de particules encore plus petites. Quelques-unes ont une charge électrique.

L'électricité est l'étude du mouvement des charges électriques.

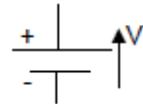
L'unité de charge électrique est le Coulomb (C).

2 Unités électriques

2.1 Tension

L'état électrique d'un corps est caractérisé par un potentiel. Ce potentiel est une mesure de l'énergie qu'une charge possède.

Entre 2 pôles, il y a une différence de potentiel. On définit les deux pôles par un pôle positif (+) et un pôle négatif (-). Dans les schémas électriques, une source de tension continue est indiquée comme ci-contre.



La tension (U) est la différence de potentiel entre deux pôles.

La tension s'exprime en Volt (V).

Exemple

Il est convenu que le potentiel de la surface de la terre est égal à 0 V. Un objet 'mis à la terre' signifie que celui-ci est connecté électriquement avec la surface de la terre. Ainsi le potentiel de l'objet est égal à 0 V.

Exemple

- Une pile pour une lampe de poche a une tension de 1,5 V (tension continue).
- La tension d'une batterie pour le démarrage et les services d'une voiture particulière est le plus souvent de 12 V (tension continue).
- L'éclairage d'une voiture de chemin de fer fonctionne avec une batterie de 24 V, 72 V ou 110 V (continu).
- Les réseaux publics sont alimentés en 230 V (tension alternative).
- Les caténaires de la SNCB sont généralement alimentées en 3000 V (tension continue).

2.2 Courant

Le courant est la quantité de charge électrique qui circule dans un circuit par unité de temps.

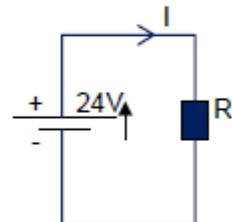
$$I = \frac{Q}{t}$$

I : courant(A)
Q : charge électrique(C)
t : temps(s)

Le courant s'exprime en Ampère (A). 1 A=1 C/s. Un courant de 1 A signifie qu'il y passe une charge de 1 C par seconde.

Il circule un courant dès que 2 points entre lesquels il existe une tension sont connectés par un conducteur.

Il est convenu que le courant circule du pôle positif vers le pôle négatif.



Exemple

- Le courant qui circule dans une ampoule de 75 W alimentée à une tension de 230 V est d'environ 0,3 A.
- Le courant consommé par un moteur de traction d'un véhicule ferroviaire est de 400 à 800 A maximum.
- Un courant de 0,025 A peut déjà être mortel.

2.3 Résistance

La résistance (R) est une mesure de la difficulté avec laquelle le courant circule.



Dans les schémas électriques, une résistance est indiquée comme ci-contre.

La résistance s'exprime en Ohm (Ω).

Chaque matière a sa propre résistance. Un conducteur de courant électrique a une résistance basse, les matières isolantes ont une grande résistance. Les métaux sont généralement de bon conducteurs. Les plastiques ont une très grande résistance, de sorte que, le passage du courant est pratiquement inexistant. Ils sont isolants.

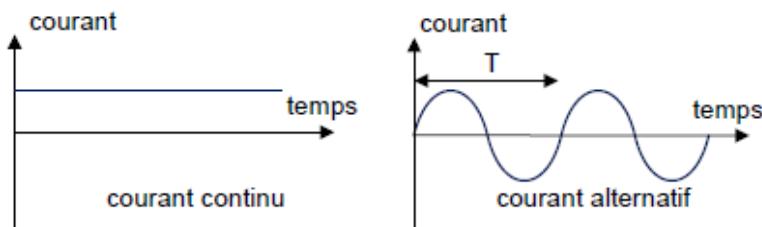
Exemple

La résistance d'un fil de cuivre d'une section de 1 mm^2 et d'une longueur de 1 m, est égale à $0,017 \Omega$. La résistance du fer est environ 6 fois plus élevée.

3 Courant continu et alternatif

Le courant continu circule toujours dans le même sens.

Un courant alternatif est un courant qui change périodiquement de sens. Les tensions et courants alternatifs utilisés dans l'industrie varient comme dans le graphique ci-dessous.



La période (T) est le temps, exprimé en seconde, qui sépare deux instants pendant lesquels le courant a la même valeur et reprend le même sens.

Par fréquence (f), nous comprenons le nombre de périodes par seconde ou

$$f = \frac{1}{T}$$

f : fréquence (Hz)
 T : période (s)

La fréquence est exprimée en Hertz (Hz).

Exemple

En Europe, la fréquence standard est de 50 Hz. La période est de 0,02 s.

4 Loi d'Ohm

Le courant dans un conducteur est proportionnel à la tension appliquée aux extrémités de ce conducteur. Ce rapport constant est appelé la résistance.

$$\frac{U}{I} = R$$

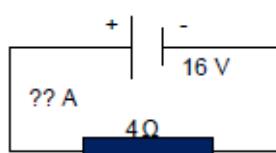
U : tension (V)
I : courant (A)
R : résistance (Ω)

Exemple

Quel est le courant qui circule dans le circuit ci-contre ?

Solution

$$I = \frac{U}{R} = \frac{16V}{4\Omega} = 4 A$$



Exemple

Dans une résistance de 5Ω , il circule un courant de $3 A$. Quelle est la tension aux bornes de cette résistance ?

Solution

$$U = R \times I = 5 \Omega \times 3 A = 15 V.$$

5 Travail électrique

Le travail électrique (W) fourni par un courant continu est égal au produit de la tension par l'intensité du courant qui passe en un point donné pendant un temps donné.

$$W = U \times I \times t$$

W :	travail (J)
U :	tension (V)
I :	courant (A)
t :	temps (s)

Le travail est exprimé en Joule (J). $1 J = 1 V \times A (= 1 Nm)$.

Il faut de l'énergie pour produire du travail. L'énergie est la faculté de produire du travail.

6 Puissance électrique

La puissance est le travail fourni par unité de temps.

$$P = \frac{W}{t}$$

P :	puissance (W)
W :	travail (J)
t :	temps (s)

La puissance est exprimée en Watt (W). $1 W = 1 J/s$.

Parce que $W = U \times I \times t$ et que $P = \frac{U \times I \times t}{t}$ nous pouvons déduire que

$$P = U \times I$$

P :	puissance (W)
U :	tension (V)
I :	courant (A)

La consommation est mesurée en kiloWattheure (kWh). $1 kWh$ correspond à une consommation de $1000 W$ d'énergie pendant 1 heure. Parce qu'une heure comprend $3600 s$, 1 kiloWattheure est égal à $3600000 J$ ou $3,6 MJ$.

Exemple

Quelle est la puissance d'une locomotive qui consomme $200 A$? La tension des caténaires est de $3000 V$.

Solution

$$P = U \times I = 3000 V \times 200 A = 600000 W = 600 kW.$$

Exemple

Un train de marchandises de 1300 tonnes circulant entre Anvers et Athus consomme environ 8300 kWh. C'est plus que la consommation électrique moyenne d'une famille en deux ans.

Exemple

Quel travail faut-il fournir pour maintenir allumée une ampoule de 60 W pendant une heure ? Quel est le courant qui passe par l'ampoule en supposant qu'elle est alimentée en 230 V ?

Solution

$$W = U \times I \times t = P \times t = 60 \text{ W} \times 3600 \text{ s} = 216000 \text{ J} = 216 \text{ kJ}.$$

$$I = \frac{P}{U} = \frac{60 \text{ W}}{230 \text{ V}} = 0,26 \text{ A}.$$

7 L'effet Joule

Le dégagement de chaleur est un effet généralisé dans les appareils électriques.

Un conducteur parcouru par un courant électrique dégage de la chaleur. Ce phénomène est appelé "effet Joule".

La puissance électrique dissipée en chaleur n'est pas transformée en puissance mécanique. La grandeur de cette puissance est donnée par la formule:

$$P = R \times I^2$$

P : puissance (W)

R : résistance (Ω)

I : courant (A)

Le dégagement de chaleur peut être utile et souhaité. Les appareils de chauffage, les fourneaux et les séchoirs en sont des exemples.

Exemple

Quelle est la puissance transformée en chaleur dans un moteur de traction qui consomme un courant de 150 A pendant le démarrage. La résistance totale est de 20 Ω .

Solution

$$P = R \times I^2 = 20 \Omega \times (150 \text{ A})^2 = 450000 \text{ W} = 450 \text{ kW}.$$

Exemple

Quel est l'avantage d'alimenter les caténaires SNCB en 3000 V au lieu de 1500 V? Quel est le désavantage ?

Solution

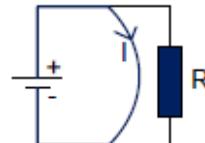
La puissance électrique consommée par une locomotive est égale à $U \times I$. Pour transmettre une certaine puissance :

- en cas de caténaires alimentées en 3000 V, il y circule un courant $I = \frac{P}{3000 \text{ V}}$;
- en cas de caténaires alimentées en 1500 V, il y circule un courant $I = \frac{P}{1500 \text{ V}}$. Par effet Joule ($P=R \times I^2$), le dégagement de chaleur sera 4 fois plus grand. Cette chaleur ne peut plus être transformée en énergie mécanique.

L'avantage de l'alimentation en 3000 V est donc l'efficacité de la distribution de l'énergie (moins d'énergie perdue sous forme calorifique). Le désavantage comprend des exigences beaucoup plus élevées pour l'équipement d'isolation.

8 Court-circuit

Un court-circuit est une connexion de résistance très basse entre 2 points où il y a une tension électrique. Le courant passe toujours par le trajet qui présente la plus petite résistance. L'intensité élevée du courant a pour conséquence un grand dégagement de chaleur par l'effet Joule. Les conducteurs et les matières isolantes fondent.



Exemple

La résistance normale d'un surélecteur est de 415Ω , la résistance des fils en cas de court-circuit n'est que de $0,25 \Omega$:

- quel est le courant qui circule en régime normal ?
- quel est le courant qui circule en cas de court-circuit ?

Solution

Le courant en régime normal :

$$I = \frac{U}{R} = \frac{230 \text{ V}}{415 \Omega} = 0,55 \text{ A}.$$

Le courant en cas de court-circuit :

$$I = \frac{U}{R} = \frac{230 \text{ V}}{0,25 \Omega} = 920 \text{ A} !$$

Tous les circuits électriques doivent être munis d'un appareil de protection afin d'éviter les avaries et les incendies. Un fusible est un appareil de protection qui est souvent utilisé. Il est constitué d'un fil calibré (très fin et de résistance connue). En cas d'intensité trop élevée, par exemple en cas de court-circuit, ce fil calibré chauffe et fond. De cette façon le circuit est interrompu automatiquement.

PARTIE 3 : PNEUMATIQUE

1 Qu'est-ce que la pneumatique comprend ?

La pneumatique comprend l'étude des gaz comprimés (souvent l'air), et l'étude de divers appareils fonctionnant à l'aide d'air comprimé.

2 Pression

La pression (p) est égale à la force par unité de surface.

$$p = \frac{F}{A}$$

p : pression (Pa)
 F : force (F)
 A : surface (m^2)

La pression est exprimée en Pascal (Pa). $1\text{ Pa} = 1\text{ N/m}^2$.

La pression d'air moyenne au niveau de la mer est de 101325 Pa (= 1013,25 hPa). Autrement dit, la masse de l'air dans l'atmosphère exerce une force de 101325 N par m^2 de surface.

Dans les applications techniques, la pression est souvent exprimée en bar. 1 bar est égal à 100000 Pa. 1 bar est donc environ égal à la pression d'air moyenne au niveau de la mer.

Exemple

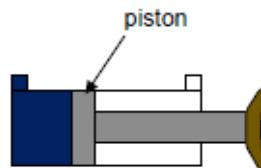
Une masse de 10 kg se trouve sur une table. Quelle est la pression de la masse sur la table si la surface de contact est de 10 cm^2 ?

Solution

$$p = \frac{F}{A} = \frac{100\text{ N}}{0,001\text{ m}^2} = 100000\text{ Pa}.$$

Exemple

La pression d'air dans un cylindre de frein d'une locomotive est de 4 bar. La surface du piston est de $0,1256\text{ m}^2$. Quelle est la force maximale du piston ?



Solution

$$4\text{ bar correspondent à } 4 \times 100000\text{ Pa} = 400000\text{ Pa}.$$

Cette pression exerce une force égale à :

$$F = p \times A = 400000\text{ Pa} \times 0,1256\text{ m}^2 = 50240\text{ N}.$$

3 Applications dans les véhicules ferroviaires

Une grande partie de l'équipement d'un véhicule ferroviaire est actionnée par de l'air comprimé ; c'est le cas notamment pour :

- actionner les freins ;
- actionner les pantographes ;
- actionner les portes ;
- actionner les interrupteurs ;
- ...

Annexe I : Ordres de grandeur et unités

Ordres de grandeur

Nano	n	x 0,000 000 001
Micro	μ	x 0,000 001
Milli	m	x 0,001
Centi	c	x 0,01
Déci	d	x 0,1
Déca	da	x 10
Hecto	h	x 100
Kilo	k	x 1000
Méga	M	x 1000 000
Giga	G	x 1000 000 000

Unités

distance	m	mètre
masse	kg	kilogramme
temps	s	seconde
force	N	Newton
moment, couple	Nm	Newtonmètre
travail, énergie	J	Joule
puissance	W	Watt
pression	Pa	Pascal

Exemple:

L'unité de force est le Newton. 1000 Newton est égal à:

- 1 kiloNewton ou 1 kN;
- 0,001 mégaNewton ou 0,001 MN;
- 100 décaNewton ou 100 daN.

Annexe II : Questions d'exemple épreuve technique

Remarque: Plusieurs réponses peuvent être correctes. Les solutions se trouvent en bas.

Question 1:

Une locomotive tire une série de wagons avec une force de 200 kN et les déplace sur une distance de 1 km. Quel est le travail fourni par la locomotive ?

- a) 20 MW
- b) 20 MJ
- c) 200 MW
- d) 200 MJ

Question 2:

Un courant alternatif de 50 Hertz:

- a) a une période de 0,02 secondes.
- b) a une période de 0,50 secondes.
- c) a une fréquence de 50 Hertz.
- d) a une fréquence de 0,02 Hertz.

Question 3:

Un objet exerce une pression de 2000 Pa sur la terre. La surface de contact est de 0,2 m². Quelle est la masse de cet objet ?

- a) 10 kg
- b) 40 kg
- c) 400 kg
- d) 1000 kg

Solution:

Question 1: d

$$W = F \times s = 200000 \text{ N} \times 1000 \text{ m} = 200000000 \text{ J} = 200 \text{ MJ}$$

Question 2: a,c

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{50 \text{ Hz}} = 0,02 \text{ s}$$

Question 3: b

$$F = p \times A = 2000 \text{ Pa} \times 0,2 \text{ m}^2 = 400 \text{ N}$$

$$\text{C'est le poids de l'objet. Il y a pour la masse: } m = \frac{F}{g} = \frac{400 \text{ N}}{10 \text{ m/s}^2} = 40 \text{ kg}$$



Robinets de frein

Manipulateur de traction