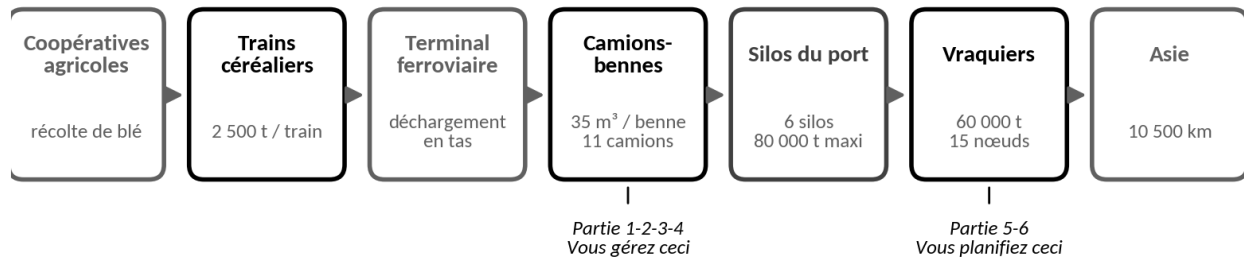


Mise en situation

Vous êtes **gestionnaire logistique** d'une société d'import-export de céréales installée dans un port. Le blé récolté par les coopératives agricoles de la région arrive au port par **train**. Les trains ne peuvent pas aller jusqu'au quai : les céréales sont déchargées au terminal ferroviaire, puis transportées par vos **camions-bennes** jusqu'aux **silos** du port. Les silos servent de réserve tampon : lorsqu'ils contiennent assez de blé, un **vraquier** (navire de charge) vient à quai, se remplit en une journée et part pour l'Asie.

Votre rôle est de faire fonctionner cette chaîne sans jamais bloquer un maillon : ni train qui attend, ni silo qui déborde, ni navire qui repart à moitié vide.

Flux des céréales : de la ferme au navire



Fiche technique du terminal

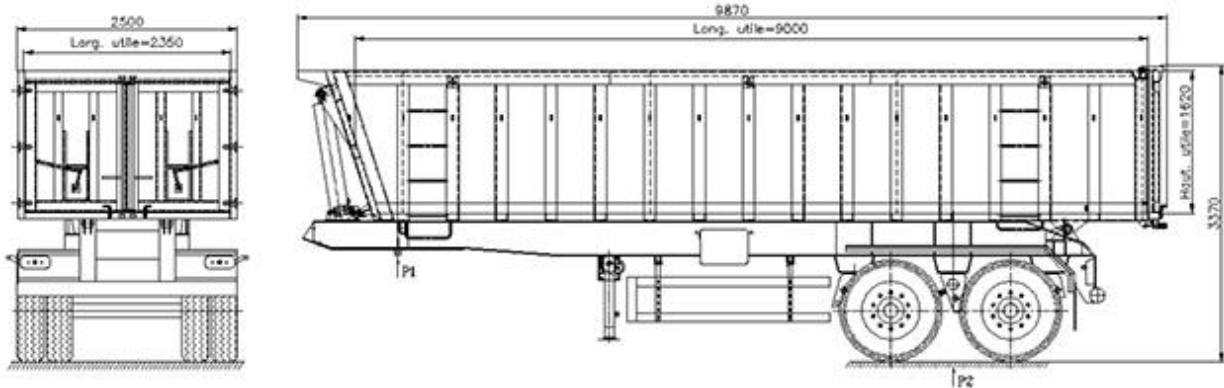
Toutes les données utiles au TD sont regroupées ci-dessous. **Toutes ne servent pas** : à vous de repérer, pour chaque question, celles dont vous avez besoin.

Élément	Caractéristiques
Silos de stockage	6 silos cylindriques de capacités respectives 20 000, 17 000, 13 000, 12 000, 10 000 et 8 000 tonnes, construits en 1998. Hauteur utile 42 m pour tous ; le plus grand a un diamètre intérieur de 28 m. Capacité totale maximale du site : 80 000 t.
Céréales	Blé en grain, masse volumique $\rho_{\text{blé}} = 780 \text{ kg/m}^3$, taux d'humidité 14 %. (Le maïs, $\rho = 720 \text{ kg/m}^3$, n'est pas stocké cette saison.)
Trains céréaliers	2 500 t par train, déchargés au terminal ferroviaire à 5,75 km des silos.
Camions-bennes	11 camions identiques (plan coté page suivante). Benne : largeur utile 2 350 mm, - longueur utile 9 000 mm, - hauteur utile 1 620 mm. Benne hors-tout : largeur 2 500 mm, - longueur 9 870 mm, - hauteur 3 370 mm. Camion : PTAC 44 t, - consommation moyenne 38,3 L/100 km. Une rotation (chargement 4 min, trajet 7 min, déchargement 2 min, retour 7 min) dure 20 min et représente une distance parcourue de 11,5 km .
Horaires des chauffeurs	Du lundi au vendredi, de 6 h 30 à 18 h 30 , pause de 12 h 15 à 13 h 00 . Pas de livraison le week-end ni les jours fériés (non pris en compte).
Cuve à gasoil	Cuve cylindrique aérienne (schéma partie 4), remplie chaque semaine par un camion-citerne dont la pompe débite 350 L/min . Le contenu ne doit jamais descendre sous 2 800 L .
Vraquiers « BLUE BILL »	Capacité 60 000 t, longueur 225 m, tirant d'eau 14 m, vitesse moyenne 15 nœuds (1 nœud = 1,852 km/h). Une journée entière à quai pour le chargement, une autre pour le déchargement.
Destination	Port asiatique situé à 10 500 km .

Partie 1 – Rappels sur les unités : la benne

Fiches méthode utiles : fiche 1 (SI et puissances de 10), fiche 2 (tableau de conversion), fiche 3 (rédiger un calcul).

Le plan ci-dessous donne les caractéristiques d'un camion-benne. Toutes les dimensions sont en **millimètres (mm)**.



- 1.1 Donner la relation entre le millimètre et le mètre. En utilisant une puissance de 10, exprimer 1 mm en m.
- 1.2 Relever sur le plan (ou dans la fiche technique) la **largeur utile**, la **longueur utile** et la **hauteur utile** de la benne en mm, puis les convertir en m à l'aide du tableau de conversion (une ligne par dimension).

km	hm	dam	m	dm	cm	mm

- 1.3 Donner l'**expression littérale** de la surface au sol (section) S_{benne} de la benne, puis la calculer en m^2 .
- 1.4 Convertir S_{benne} en mm^2 avec le tableau à 2 colonnes par unité. En déduire la relation entre 1 m^2 et 1 mm^2 sous forme d'une puissance de 10.

km^2	hm^2	dam^2	m^2	dm^2	cm^2	mm^2

- 1.5 En supposant la benne parfaitement parallélépipédique, donner l'expression littérale du volume utile V_{benne} , puis le calculer en m^3 . Rédiger en suivant les quatre étapes de la fiche 3.

- 1.6** Convertir V_{benne} en litres, puis en mm^3 avec le tableau à 3 colonnes par unité. Peut-on écrire $1 \text{ m}^3 = 10^9 \text{ mm}^3$? Justifier avec les puissances de 10.

km^3			hm^3			dam^3			m^3			dm^3			cm^3			mm^3		
									kL			L			mL					

Partie 2 – Remplissage des silos : masses et volumes

Fiches méthode utiles : fiche 3 (rédiger un calcul), fiche 4 (triangle de la masse volumique).

Convention

Quel que soit le résultat précédent, on prendra désormais $V_{\text{benne}} = 35 \text{ m}^3$.

- 2.1** Calculer la masse totale de céréales M_{tot} que peuvent contenir les 6 silos, en tonnes. Rappeler la relation entre la tonne et le kilogramme et convertir M_{tot} en kg en utilisant une puissance de 10.
- 2.2** Rappeler la formule de la masse volumique ρ en fonction de la masse m et du volume V , et dessiner le triangle correspondant. En cachant V , en déduire l'expression littérale du volume V en fonction de m et ρ .
- 2.3** Calculer le volume total V_{silos} de céréales à stocker, en m^3 . Attention à l'unité de la masse !
- 2.4** Combien de bennes N_{benne} faut-il pour remplir la totalité des silos ? Faut-il arrondir au-dessus ou au-dessous ? Justifier.
- 2.5** Le plus grand silo est un cylindre de diamètre intérieur $D = 28 \text{ m}$ et de hauteur utile $h = 42 \text{ m}$. Donner l'expression littérale de son volume V_{silo} , le calculer, puis calculer la masse de blé qu'il peut contenir. Sa capacité annoncée de 20 000 t est-elle cohérente ?

Partie 3 – Rotations des camions : calculs de durées

Fiches méthode utiles : fiche 5 (heures et durées), fiche 4 (masse volumique).

Convention

Scénario de démarrage : les silos sont vides le lundi 7 septembre. On prendra $N_{\text{benne}} = 2\,931$. Les horaires et la durée d'une rotation sont dans la fiche technique du terminal.

- 3.1** Calculer la durée d'une journée de présence d'un chauffeur, entre 6 h 30 et 18 h 30. L'exprimer en heures, puis en minutes, puis en secondes.
- 3.2** Calculer la durée de la pause, puis la durée effective de travail. Donner cette durée en heures et minutes, en minutes, puis en heures décimales.
- 3.3** Un camion commence à charger à 6 h 30. À quelle heure termine-t-il sa première rotation ? Sa dixième ?
- 3.4** Combien de rotations complètes un camion peut-il effectuer dans une journée ?
- 3.5** À quelle heure le camion termine-t-il sa dernière rotation ? Combien de temps est « perdu » en fin de journée ?
- 3.6** Calculer la masse de blé transportée par une benne pleine (en t), puis la masse livrée chaque jour par l'ensemble des camions de l'entreprise.
- 3.7** En fonctionnement normal, combien de trains de 2 500 t faut-il prévoir par jour ouvré pour alimenter le terminal ?
- 3.8** Combien de jours ouvrés faut-il pour remplir la totalité des silos (80 000 t) ? Si l'on commence le lundi 7 septembre 2026, quel jour les silos sont-ils pleins ?
- 3.9** Un camion tombe en panne à 10 h 05 : la rotation en cours est abandonnée (son chargement est perdu) et le camion repart pour une rotation complète à 14 h 40. Calculer la durée d'immobilisation (en h et min), puis le nombre de rotations réalisées ce jour-là et le nombre de rotations perdues.

Partie 4 – Carburant et cuve de gasoil

Fiches méthode utiles : fiche 2 (tableau à 3 colonnes par unité), fiche 3 (rédiger un calcul), fiche 4 (triangle du débit).

4.A – Consommation des camions

- 4.1 Calculer la distance quotidienne d_{jour} parcourue par un camion.
- 4.2 La consommation est donnée en L/100 km. Écrire l'expression littérale du volume de gasoil C_{jour} consommé par un camion en une journée, puis le calculer.
- 4.3 En déduire la consommation quotidienne de l'entreprise, puis sa consommation hebdomadaire C_{sem} (jours ouvrés uniquement).

4.B – La cuve convient-elle ?

L'entreprise dispose de la cuve cylindrique ci-dessous, remplie une fois par semaine. Ses cotes sont **extérieures** ; les parois ont une épaisseur $e = 6 \text{ mm}$.



- 4.4 Donner l'expression littérale du rayon intérieur r_{int} de la cuve en fonction du diamètre extérieur D et de l'épaisseur e , puis le calculer en m.
- 4.5 Donner l'expression littérale de la section intérieure S_{int} (un disque), puis la calculer en m^2 .
- 4.6 Donner l'expression littérale du volume intérieur V_{cuve} en fonction de S_{int} , de la longueur extérieure L et de e . Le calculer en m^3 , puis le convertir en litres avec le tableau à 3 colonnes par unité.

km^3			hm^3			dam^3			m^3			dm^3			cm^3			mm^3		
									kL			L			mL					

- 4.7 La cuve convient-elle pour une semaine de fonctionnement ? Justifier par un calcul.
- 4.8 Rappeler la relation entre le débit Q , le volume V et la durée t , puis le triangle correspondant. En déduire la durée nécessaire au camion-citerne pour livrer le volume consommé dans la semaine (C_{sem}), en minutes puis en minutes et secondes.

Partie 5 – Trafic maritime

Fiches méthode utiles : fiche 4 (triangle de la vitesse), fiche 5 (heures → jours).

- 5.1** Le nœud est l'unité de vitesse utilisée en navigation maritime et aérienne. Convertir la vitesse des vraquiers en km/h.
- 5.2** Rappeler la relation entre la vitesse v , la distance d et la durée t . À l'aide du triangle, exprimer t en fonction de d et v , puis calculer la durée du trajet aller en heures.
- 5.3** Convertir cette durée en jours et heures. Combien de jours entiers faut-il prévoir pour le trajet aller ?
- 5.4** Calculer la durée d'un cycle complet d'un vraquier : chargement au port, trajet aller, déchargement, trajet retour.

Convention

Quel que soit le résultat précédent, on prendra $t_{\text{cycle}} = 34$ jours et une livraison des camions de **9 910 t par jour ouvré**. Le cycle du premier vraquier commence le **lundi 7 septembre** (jour de chargement, compté dans le cycle) et se termine le samedi 10 octobre au soir.

- 5.5** Combien de jours ouvrés compte ce cycle, du lundi 7 septembre au samedi 10 octobre inclus ? (S'aider d'un calendrier ou du planning de la partie 6.) En déduire la masse de blé livrée par les camions pendant ce cycle.
- 5.6** Combien de vraquiers de 60 000 t l'entreprise doit-elle posséder pour exporter tout ce blé sans jamais arrêter les camions ni faire déborder les silos ?

Partie 6 – Planification du mois de septembre

Données

Nouveau scénario (indépendant de la partie 3) : le **lundi 7 septembre 2026** au matin, les silos contiennent déjà **70 000 t**. Les camions livrent **10 000 t** par jour ouvré (valeur arrondie).

Les silos ne peuvent pas contenir plus de **80 000 t** : le jour où le stock atteint cette valeur, un vraquier doit être chargé (– **60 000 t**, une journée à quai), puis il part pour 16 jours de mer (le lendemain du chargement est le 1^{er} jour de mer), 1 jour de déchargement et 16 jours de retour.

Les vraquiers sont nommés BLUE BILL 1, BLUE BILL 2...

- 6.1** Compléter le planning ci-dessous : pour chaque jour, le **stock en début de journée**, la **livraison** des camions et l'**événement navire** (chargement, en mer, déchargement...).

Septembre 2026						
lundi	mardi	mercredi	jeudi	vendredi	samedi	dimanche
7	8	9	10	11	12	13
Stock	Stock	Stock	Stock	Stock	Stock	Stock
Livrais.	Livrais.	Livrais.	Livrais.	Livrais.	Livrais.	Livrais.
Navire	Navire	Navire	Navire	Navire	Navire	Navire
14	15	16	17	18	19	20
Stock	Stock	Stock	Stock	Stock	Stock	Stock
Livrais.	Livrais.	Livrais.	Livrais.	Livrais.	Livrais.	Livrais.
Navire	Navire	Navire	Navire	Navire	Navire	Navire
21	22	23	24	25	26	27
Stock	Stock	Stock	Stock	Stock	Stock	Stock
Livrais.	Livrais.	Livrais.	Livrais.	Livrais.	Livrais.	Livrais.
Navire	Navire	Navire	Navire	Navire	Navire	Navire
28	29	30				
Stock	Stock	Stock				
Livrais.	Livrais.	Livrais.				
Navire	Navire	Navire				

- 6.2** À quelle date BLUE BILL 1 arrive-t-il en Asie ? À quelle date est-il de nouveau disponible au port de départ ?

- 6.3** Combien de vraquiers différents auront été chargés au cours du mois de septembre ? En prolongeant le raisonnement, à quelles dates auront lieu les 4^e et 5^e chargements ? BLUE BILL 1 sera-t-il de retour pour le 5^e ? Le résultat de la question 5.6 est-il cohérent ?
- 6.4** Reprendre le planning à l'aide d'un tableur ou d'un traitement de texte (voir partie 7).

Partie 7 – Pour aller plus loin : simulation sur tableur

Vous partez d'un **classeur vide** (Excel ou LibreOffice Calc). L'objectif est de faire calculer par le tableur le planning de la partie 6 sur **deux mois** (septembre et octobre), puis de tester d'autres hypothèses en changeant seulement quelques nombres.

7.A – Feuille « Paramètres »

Dans une première feuille nommée **Paramètres**, saisir les données en colonne A (libellé) et B (valeur) :

Cellule	A – libellé	B – valeur
ligne 1	Stock initial (t)	70 000
ligne 2	Capacité maximale des silos (t)	80 000
ligne 3	Livraison par jour ouvré (t)	10 000
ligne 4	Capacité d'un vraquier (t)	60 000
ligne 5	Durée d'un cycle (jours)	34
ligne 6	Nombre de vraquiers	5

7.B – Feuille « Simulation »

Dans une seconde feuille nommée **Simulation**, créer les colonnes suivantes (une ligne par jour, du 07/09/2026 au 31/10/2026). Les formules sont écrites pour la ligne 2 puis **recopiées vers le bas** (poignée de recopie). Le symbole \$ bloque une référence : Paramètres!\$B\$3 ne se décale pas lors de la recopie. **Sous LibreOffice Calc**, la référence à une autre feuille s'écrit avec un point : Paramètres.\$B\$3 au lieu de Paramètres!\$B\$3.

Col.	Titre	Formule en ligne 2	Rôle
A	Date	07/09/2026 puis en A3 : =A2+1	Une ligne par jour
B	Jour	=TEXTE(A2;"jjjj")	Affiche « lundi », « mardi »...
C	Ouvré	=SI(JOURSEM(A2;2)<=5;1;0)	1 du lundi au vendredi, 0 le week-end
D	Stock début (t)	=Paramètres!\$B\$1 en D2, puis =G2 en D3	Le stock du matin est celui de la veille au soir
E	Livraison (t)	=C2*Paramètres!\$B\$3	Les camions livrent chaque jour ouvré
F	Chargement (t)	=SI(D2+E2>=Paramètres!\$B\$2 ; Paramètres!\$B\$4 ; 0)	Un navire est chargé le jour où les silos seraient pleins (livraison et chargement ont lieu en parallèle dans la journée)
G	Stock fin (t)	=D2+E2-F2	Bilan de la journée

- 7.1** Construire les deux feuilles. Vérifier que les valeurs de septembre sont identiques à celles du planning de la partie 6.
- 7.2** Appliquer une **mise en forme conditionnelle** : cellules de la colonne F en gris foncé lorsque $F > 0$ (jour de chargement), lignes du week-end ($C = 0$) en gris clair.
- 7.3** Compter le nombre de chargements sur la période avec la fonction **=NB.SI(F:F;">0")**. Tracer un **graphique en courbe** du stock de fin de journée (colonne G) en fonction de la date. Décrire la forme de la courbe.
- 7.4** Ajouter une colonne H « Navires en cycle » qui compte les chargements effectués au cours des 34 derniers jours (jour J compris) : un vraquier chargé le jour J n'est de retour qu'au jour J + 34. Ajouter une colonne I qui affiche « MANQUE » lorsque H dépasse le nombre de vraciers. Combien de navires sont nécessaires ? Comparer avec la question 5.6.
- 7.5** Remplacer la livraison quotidienne par la valeur exacte 9 910 t, puis par 12 000 t (ce qui demanderait 3 camions de plus : $14 \times 33 \times 27,3 \approx 12\,600$ t). Que deviennent le nombre de chargements sur les deux mois et le nombre de navires nécessaires ?