

Automatisme et supervision 18/12/17

Durée de l'épreuve : 1h30. Tous documents papier autorisés, calculatrices autorisées mais mémoires vidées. Nous allons étudier aujourd'hui une **centrale d'enrobage à cycle discontinu**. Les documents proviennent du sujet de première partie d'agrégation interne de génie mécanique (1994). Cette partie de sujet fait 6 pages (donc trop d'informations).

Présentation générale

L'objectif d'une centrale d'enrobage est de produire, à partir de divers matériaux, un béton bitumeux (appelé "enrobé") qui sera transporté à chaud vers le chantier d'épandage, pour former la couche supérieure du revêtement des infrastructures routières. Les composants de l'enrobé sont des granulats (graviers et sables), de "filler" (additifs minéraux finement concassés appelés aussi "fines"), et de bitume. Les proportions des constituants d'un enrobé donné constituent sa "formule".

Selon les spécifications des clients, la centrale doit pouvoir fournir diverses formules définies rigoureusement, et éventuellement contrôlées par les services des Ponts et Chaussées. Habituellement, 200 formules sont mémorisés. On peut trouver des centrales fixes (comme celle traitée ici) mais aussi des centrales mobiles, amenées sur le lieu même du chantier. Ces centrales fonctionnent en cycle continu ou non, à tambour sécheur malaxeur ou non, et peuvent atteindre une productivité de 100 à 400 tonnes par heure.

Nous allons nous limiter ici au cas d'une centrale discontinue, où la production se fait par "gâchées" successives de une à quatre tonnes chacune, avec un temps de cycle de l'ordre d'une minute par gâchée. L'annexe 1 donne une vue générale de la centrale.

Processus de fabrication

Prédosage

Les graviers et le sable sont chargés dans les trémies des **prédoseurs**. Le prédosage consiste à soutirer chaque granulat, en proportion conforme à la formule en cours de fabrication. Dans chaque trémie, le soutirage est réalisé par un tapis extracteur. Le dosage est volumique pour le gravier. Pour le sable, dont le débit est moins régulier, on associe une jauge de poids dont le signal (traité par le système de commande) permet un ajustement de la vitesse du tapis (en fonction également du taux d'humidité, très variable suivant la provenance et le stockage des sables).

Séchage

Les tapis doseurs se déversent sur un tapis collecteur qui apporte les granulats à l'entrée du **tambour sécheur** rotatif, qui est destiné à évacuer l'humidité et à porter les granulats à une température d'environ 150 °C, compatible au mélange avec le bitume. La chaleur est apportée par un brûleur fonctionnant à contre courant. Les gaz de combustion sont aspirés par un **exhausteur**, en direction d'une cheminée, qu'ils atteignent après passage dans un **dépoussiéreur** composé de cellules à panneaux textiles. Les particules récupérées sont recyclées et seront incorporées aux "fines".

Enrobage

A la sortie du sécheur, les granulats secs sont emportés, par un élévateur à godets, au sommet de la tour d'enrobage. C'est dans cette tour que se déroulent les cycles de dosage et malaxage des composants (granulats, fines et bitume) conformément à la "formule".

La tour d'enrobage comprend (voir annexe 2):

- un **crible** (tamis) qui permet le reclassement éventuel des granulats secs et chauds (fin, moyen, gros ou refusé) dans des trémies. On peut aussi dans certains cas contourner le crible pour envoyer le tout dans une seule trémie (tout venant), le dosage effectué par les prédoseurs étant considéré comme suffisant.
- une **bascule de pesage des agrégats**, qui effectue le pesage des agrégats issus de chaque trémie. C'est en fonction de ces mesures, en prenant également en compte l'effet d'après-coulant (par l'intermédiaire d'une formule correctrice) que le système de commande pilotera l'ouverture et la fermeture des **casques sous trémies** afin de respecter la formule.
- une **bascule de pesée** des fines, qui est amené du silo à filler par l'intermédiaire d'une vis d'Archimède.
- une **bascule de pesée** du bitume, lequel circule en continu entre la tour et les citernes de stockage, à l'intérieur de canalisations à double enveloppe chauffées à l'huile chaude. Une vanne permet l'admission du bitume dans la bascule au débit de 20kg/s.
- un **malaxeur** dans lequel sont déversés les composants et qui réalise la gâchée, pendant un temps dépendant de la formule et de la quantité de produit.
- un **skip**, dans lequel se déverse le produit malaxé. Ce skip est mû par un treuil, et va se déverser au dessus de l'une des trémies de stockage avant livraison. Sous ces trémies calorifugées se trouvent les quais de chargement, comportant chacun une balance de pesée de camions.

Dans ce du sujet, nous allons étudier la partie discontinue du processus. La partie continue quand à elle concerne, pour les agrégats, le prédosage, le séchage, l'élévateur à godets et le crible; ainsi que le chauffage et la circulation continue pour le bitume.

Le temps de cycle est directement fonction de la formule et du tonnage de la gâchée. Une table de correspondance donne pour chaque formule et pour un tonnage donné les temps des différentes opérations (pesages, vidanges, malaxage, transport).

Soient deux formules, notées A et B

Formule	A	B
agrégat 1	20%	25%
agrégat 2	25%	35%
agrégat 3	30%	-
fines	5%	10%
bitume	20%	30%

Les temps opératoires, pour une gâchée de trois tonnes, sont de :

Opérations	Produits	Formule A	Formule B
Pesée	agrégats	35s	20s
	fines	10s	15s
	bitume	10s	10s
Vidange	agrégats	10s	10s
	fines	5s	5s
Injection	bitume	15s	15s
Malaxage	sec	20s	15s
	humide	30s	30s
Décharge	enrobé	10s	10s
Transport	enrobé	60s	60s

Le cycle de production de ces deux formules est détaillé dans l'annexe 3 à l'aide d'un diagramme de GANTT. Le processus d'enrobage a été décomposé en 10 phases.

Question 1 :

Faites le Grafcet global du processus d'enrobage, valable pour toutes les formules, telles que précisées dans le diagramme de Gantt. Dans ce diagramme, sont représentées les fins des actions nécessaires pour déclencher le début d'une autre. Je vous conseille de commencer par traiter le cycle en régime permanent, puis prévoir son initialisation. On suppose que la partie continue (non traitée ici, je l'ai déjà dit) fonctionne correctement et donc amène les composants de manière satisfaisante (on pourra néanmoins vérifier leur disponibilité). On suppose que toutes les variables correspondant à la formule choisie (poids et durées) ont été préalablement initialisées par un système de supervision sous WinCC, relié à une base de données SQL, que nous n'étudions pas ici. La production de gâchées se produira sans interruption tant que le capteur "production" est actionné (s'il n'est plus actionné, la gâchée en cours se termine). On ne gèrera que le fonctionnement normal (ne pas s'occuper des arrêts d'urgence, reprises de cycles, modes semi-automatiques,... qui devraient être pris en compte dans la réalité).

Vous pouvez tracer un Grafcet en un seul bloc, ayant pour actions les 10 phases de l'annexe 3. Une autre solution consiste à décomposer le processus du point de vue produit. On obtient dans ce cas 5 regroupements :

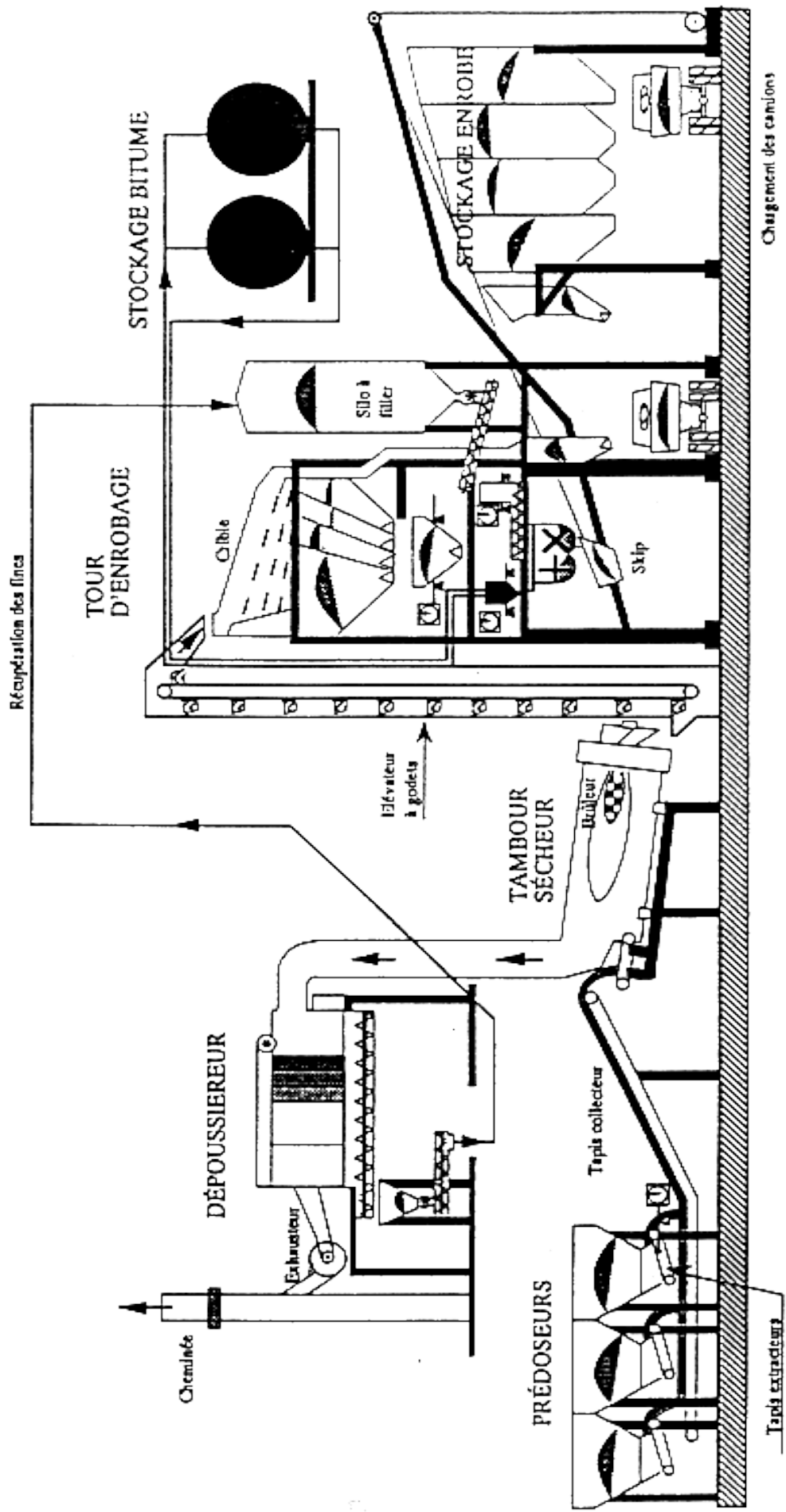
1. pesée des agrégats puis vidange dans le malaxeur
2. pesée du filler puis vidange dans le malaxeur
3. pesée du bitume puis injection
4. malaxage sec, puis humide, puis déchargement de l'enrobé
5. transport de l'enrobé par le skip dans les trémies de stockage.

On décompose alors le processus en plusieurs Grafcets synchronisés entre eux. Vous pouvez, si vous avez le temps, proposer les deux méthodes !

Question 2 :

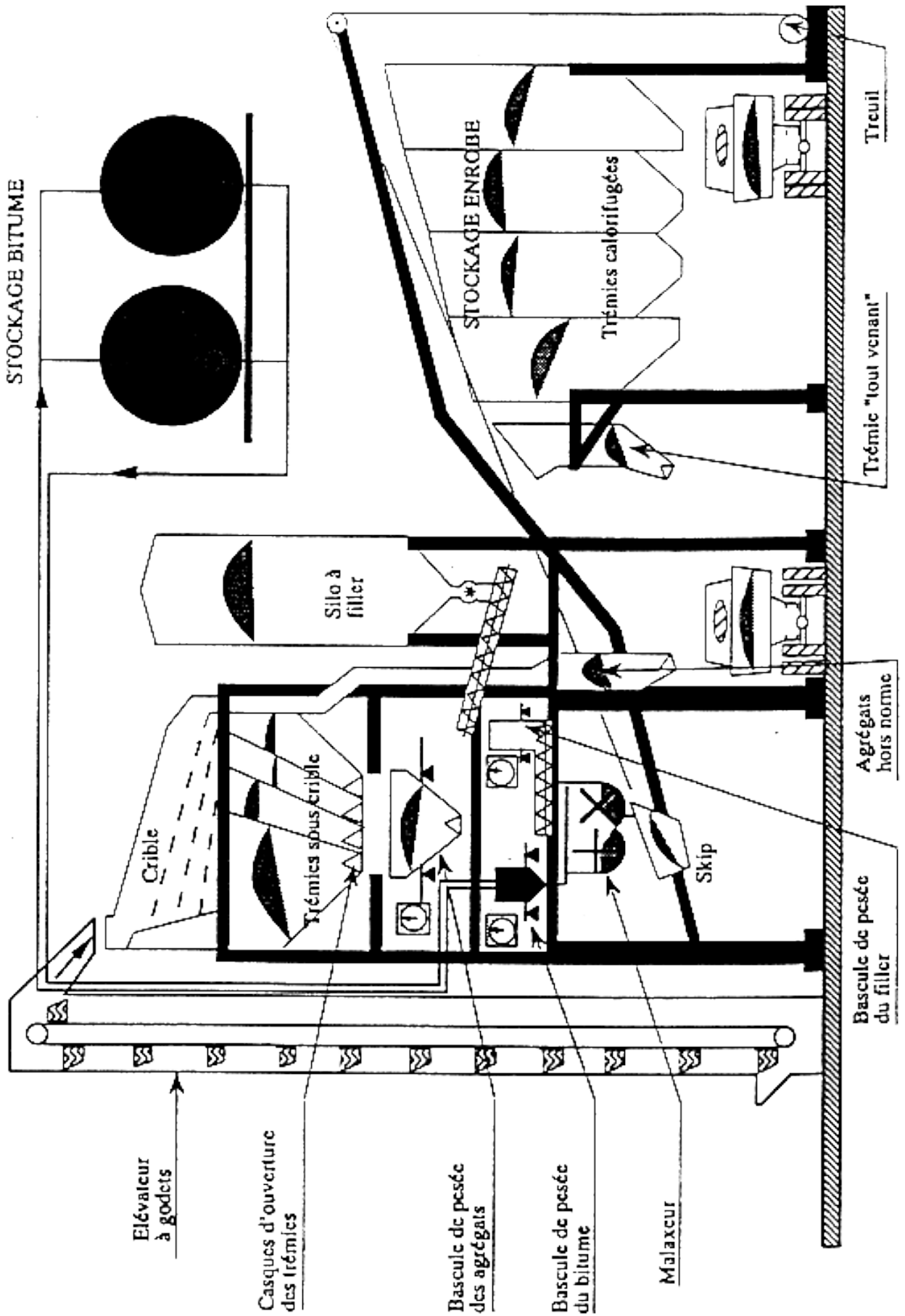
Proposez (rapidement, mais en le justifiant) une implantation de la partie commande de la centrale : types d'automates (ou autres matériels), réseau, supervision, etc... Vous pouvez inventer tout argument, à condition qu'il soit plausible.

VUE GÉNÉRALE D'UNE CENTRALE D'ENROBAGE DE TYPE DISCONTINU



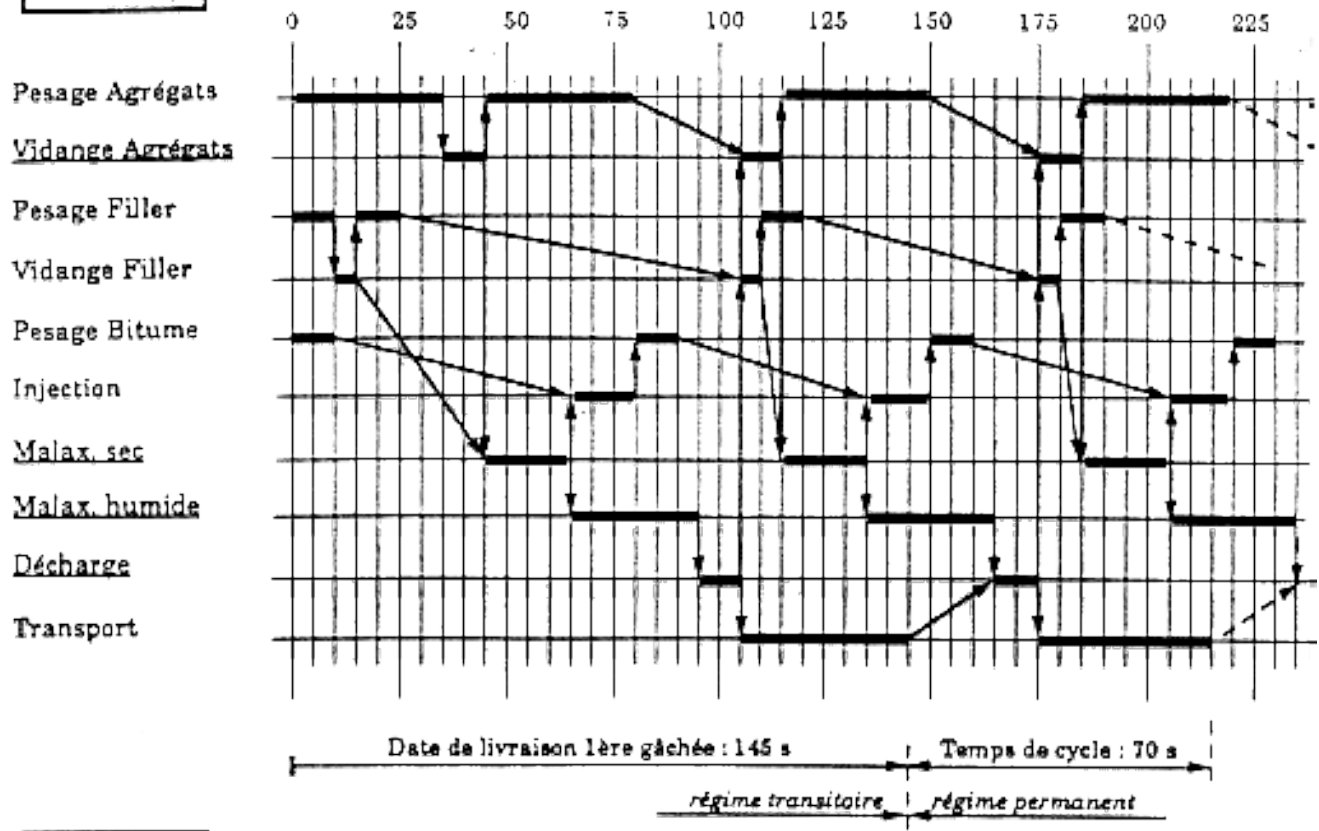
ANNEXE 1

VUE DÉTAILLÉE DE LA TOUR D'ENROBAGE

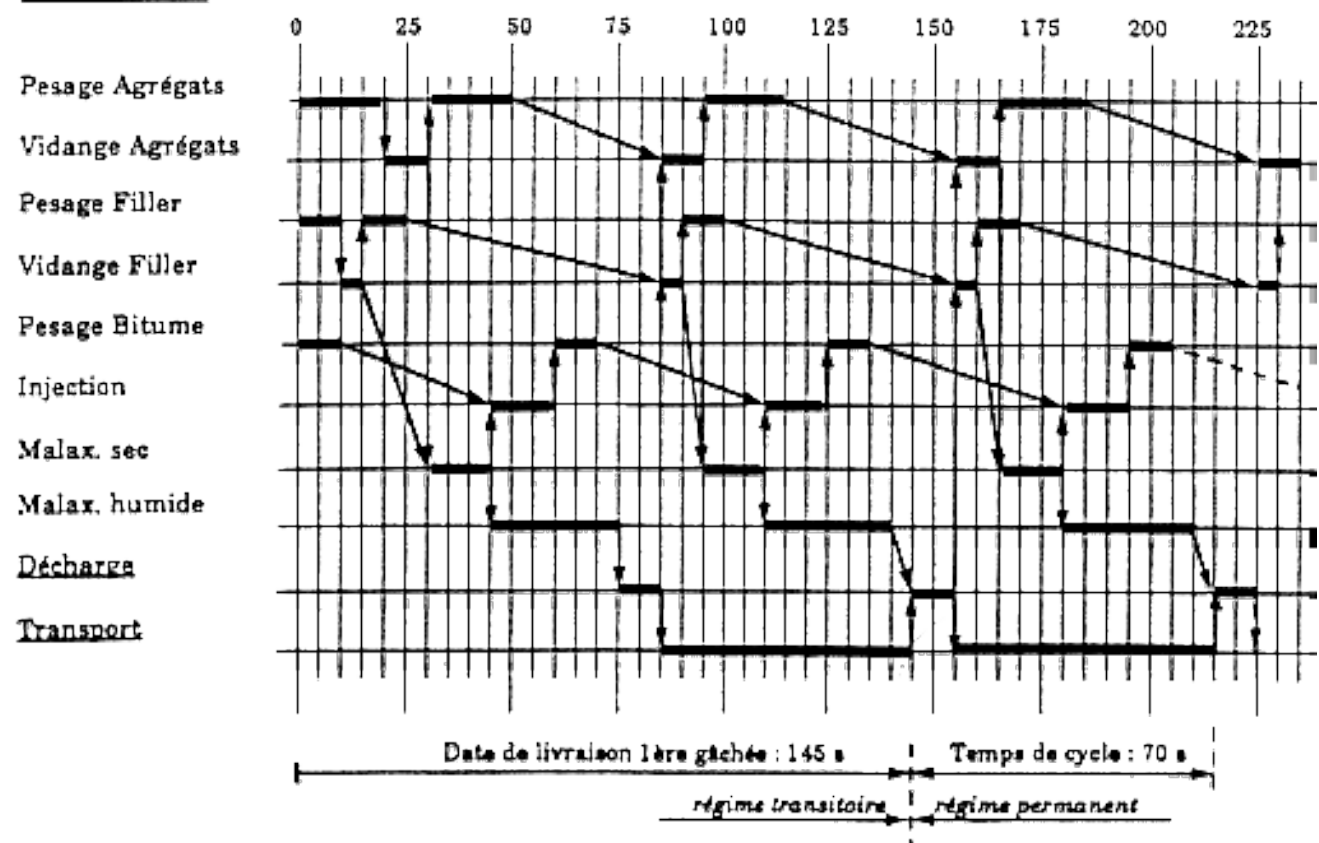


ANNEXE 2

FORMULE A



FORMULE B



DIAGRAMMES DE GANTT DES FORMULES A et B

Les tâches critiques sont soulignées
 ANNEXE 3