LIÈGE université Library

https://lib.uliege.be

https://matheo.uliege.be

Comment optimiser le choix d'une grue mobile via une représentation détaillée du processus de sélection ?

Auteur : Mincke, Florent
Promoteur(s) : Boucher, Fabian
Faculté : Faculté des Sciences appliquées
Diplôme : Master en ingénieur civil architecte, à finalité spécialisée en ingénierie architecturale et urbaine
Année académique : 2020-2021
URI/URL : http://hdl.handle.net/2268.2/12951

Avertissement à l'attention des usagers :

Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.

Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.

Travail de fin d'études réalisé en vue de l'obtention du grade de master « Ingénieur Civil en Architecture » par Florent Mincke

Université de Liège – Faculté des Sciences Appliquées
Année académique 2020-2021

Comment optimiser le choix d'une grue mobile via une représentation détaillée du processus de sélection ?

ANNEXES

Promoteur : Fabian Boucher
Co-promoteur : Jean-Yves Jonniaux
Comité de lecture : Catherine Elsen & Shady Attia
Président du Jury : Pierre Leclercq

Table des matières

Annexe 1 – Visites de chantier ……..… p.1

Annexe 2 – Check-list ……..…… p.16

Annexe 3 – Check-list cas d'étude 1 …… p.27

Annexe 4 – Check-list cas d'étude 2 …… p.46

Annexe 5 – Check-list cas d'étude 3 …… p.65

Annexe 6 – Tableau Sarens et Macro du tableau d'aide à la présélection …… p.78

Annexe 7 – Analyse de l'enquête …… p.81

Annexe 8 – Questionnaire des entretiens ……..……..…….. p.109

Annexe 9 – Questionnaire de l'enquête …….. p.111

Annexe 1 - Visites de chantier

Table des figures - Annexe 1

Figure 1 - Schéma du retournement de la pièce de logistique ……. p.3

Figure 2 - Relevé photographique – visite de chantier 1 (19/09/2020) ……..……. p.4

Figure 3 - Relevé photographique – visite de chantier 3 (29/03/2021) ……... p.6

Figure 4 - Schéma montage grue à tour ……... p.7

Figure 5 - Relevé photographique – visite de chantier 6 (13/04/2021)……...……. p.8

Figure 6 - Relevé photographique – visites de chantier 7 & 10 (13&16/04/21) ...…….. p.9

Figure 7 - Plan de montage de la société Ibens - Phase 1 du projet ……. p10

Figure 8 - Plan de montage de la société Ibens - Phase 2 du projet ……. p10

Figure 9 - Relevé photographique – visite de chantier 8 (14/04/2021) ……..……. p.11

Figure 10 - Relevé photographique – visite de chantier 9 (16/04/2021) ……..……... p.13

Figure 11 - Dimensions de la grue ……... p.14

Figure 12 - Diagramme de charge ……... p.14

Figure 13 - Relevé photographique – visite de chantier 11 (29/04/2021) ……...… p.15

1.1. Visite de chantier 1 : Levage d'une pièce de logistique à l'usine de Solarec (19/09/2020)

- **But et brève description de l'opération de levage**

Cette visite de chantier a été réalisée lors de mon stage chez Arcadis en Octobre 2020. Le projet consiste en la création d'une usine de production de poudre de lait pour bébé. Nous y sommes allés pour inspecter la structure du bâtiment et j'ai pu également assister au montage des équipements d'une grue mobile (équipement de flèche, contrepoids, câblage, …).

L'opération de levage consistait à lever à une cinquantaine de mètres deux pièces de logistique, l'une de forme conique et l'autre de forme cylindrique, pour pouvoir les rentrer dans le trou du dernier étage du bâtiment. Ce sont des pièces en acier inoxydable dont la charge dimensionnante pèse approximativement quarante tonnes. Pour réaliser ce levage, le maitre d'oeuvre a fait appel à une grue mobile de chez J. Boutique : la Demag AC700. L'espace pour la monter étant suffisant, elle était dotée d'une volée variable (« WIHI ») ainsi que d'un superlift (« SSL »).

Par après, j'ai contacté la compagnie de levage pour avoir plus d'informations concernant ce levage mais peu de renseignements étaient disponibles car le client n'avait pas demandé de plan de levage. De plus, étant en présence d'une belle dalle en béton avec une capacité portante suffisante pour la reprise des efforts, les études à ce sujet ont été écartées.

- **Apports de la visite de chantier**

Ce projet a accru mon intérêt pour le domaine du levage. Dès le début de mes recherches, j'ai pu comprendre la réalité du terrain grâce au relevé photographique réalisé sur place et grâce à celui fourni par les personnes présentes le jour du levage.

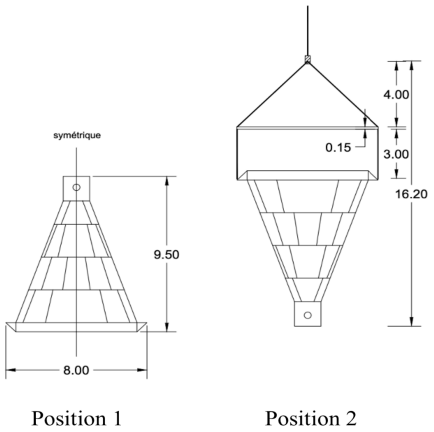


Figure 1 - Schéma du retournement de la pièce de logistique

(Source : Mincke F., 2021)

La complexité de ce levage réside dans le retournement de la pièce de logistique. En effet, elle est arrivée sur une semi-remorque comme présenté en position 1, et il a fallu la faire pivoter pour la mettre dans sa position de pose (position 2). Deux autres aspects intéressant de ce projet concernent la gestion des interférences et le fait que le grutier n'avait pas de visuel sur la charge. En effet, une grue à tour était présente sur le site ; il a donc fallu prévenir toute collision et le grutier a dû être guidé dans ses mouvements par un chef de manœuvre.

- **Relevé photographique**



Figure 2 - Relevé photographique – visite de chantier 1 (19/09/2020)

(Source : Mincke F. et Hermans B., 2020)

1.2. Visite de chantier 3 : Levage de containers à Hermalle-sous-Argenteau (29/03/2021)

- **But et brève description de l'opération de levage**

DP World Liege Containers Terminals s'occupe du transport de marchandises. J'ai visité le terminal de Renory qui comprend une grue mobile.

La charge d'un conteneur est de 30T maximum. Ce poids est régulé par le transport en camion des conteneurs (poids maximum autorisé sur la route). Les conteneurs vides sont triés par ligne maritime (hauteur de 5 conteneurs maximum). Les conteneurs pleins sont triés par voyage (hauteur de 4 conteneurs maximum chargés). Leur format est de 6 ou 12m de long et de 2 hauteurs différentes : les *drives* et les *high cubes*. On peut donc parler de **standardisation de la charge.**

Les machines qui déplacent les conteneurs et qui les mettent dans le rayon d'action de la grue sont appelés des Reach stackers. Ce sont des machines de 70T qui ont un faible rayon de braquage. Il n'y a pas d'élingage pour lever les conteneurs car il y a également une standardisation des points de levage. Il y a des encoches dans les quatre extrémités du conteneur et un système de fixation automatique, le sprader, au bout du bras du Reach stacker. Ce système permet aussi d'équilibrer les charges en glissant pour se positionner au centre de gravité du conteneur.

Le moufle de la grue G HMK 2304 de chez Terrex est assez spécial car il contrôle le mouvement du conteneur et évite les problèmes d'inertie de la charge.

Le chargement de la péniche se fait dans 13 cales. Chaque cale a une capacité de 9 conteneurs (ces-derniers pouvant être posés sur 3 étages). L'un des enjeux de ce levage est de devoir placer les conteneurs dans l'ordre (ceux au-dessus doivent partir dans le prochain port tandis que ceux au-dessous devront partir en dernier). Pour une question de visibilité, on commence par charger ce qui est le plus loin, puis on se rapproche.

La grue opère à l'avant de la péniche. Ensuite, elle se déplace pour charger l'arrière puis se déplace de nouveau pour finir de charger à l'avant.

La grue ne peut pas tout charger d'un coup à l'avant car la charge pourrait endommager la péniche.

- **Apports de la visite de chantier**

Nous constatons que la standardisation de la charge et des points de levage permet d'optimiser l'opération de levage. Le port est toujours venteux mais ce paramètre, contrairement au chantier des éoliennes, ne pose pas de problème car les mouvements du conteneur sont contrôlés par le moufle spécial et que la grue a été conçue pour pouvoir travailler sous vent (dans une certaine limite). La grue est utilisée non-stop. L'optimisation se fait par grille horaire Excel.

- **Relevé photographique**

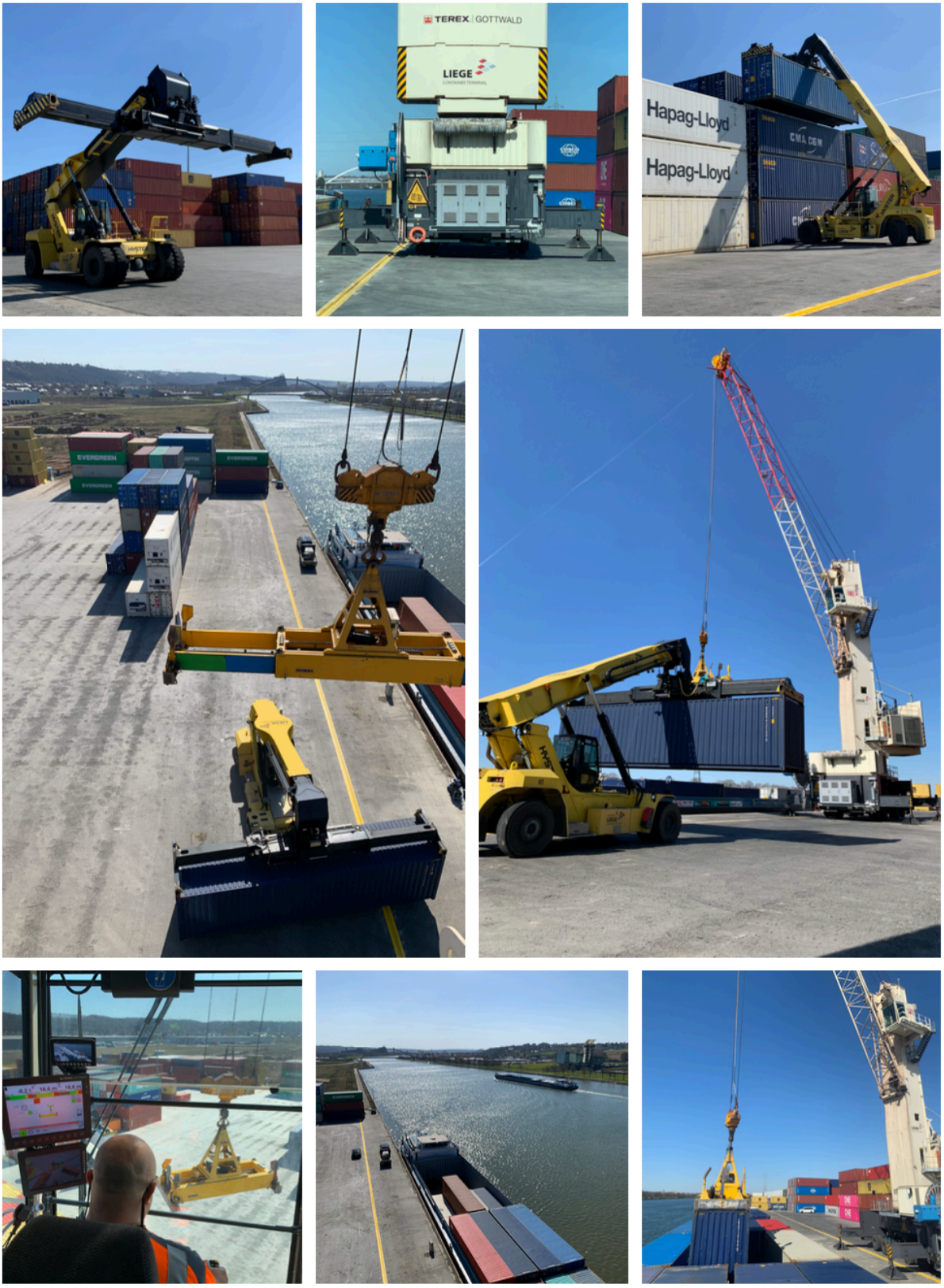


Figure 3 - Relevé photographique – visite de chantier 3 (29/03/2021)

(Source : Mincke F., 2021)

1.3. Visite de chantier 6 : Démolition du pont barrage de l'île Monsin (13/04/2021)

- **But et brève description de l'opération de levage**

Les entrepreneurs sont SM Galère et Jan de Nul (GC). Sur ce chantier, j'ai vu des grues telles que la SCX700 et la KH230-3 qui peuvent supporter des efforts dynamiques, c'est-à-dire des efforts caractérisés par une alternance de mise sous tension et de relâche. Ces grues sortent un peu du cadre de mes recherches mais il est bon de noter qu'il existe des grues sur chenilles spécifiques pour des travaux de démolition. L'opération consiste à casser des murs en béton d'un mètre d'épaisseur. Les grands moyens ont été employés. En effet, les mâchoires NPK (cisaille à béton) de la machine Zaxis 490lch n'étaient pas suffisantes pour casser le béton : on a donc équipé la KH230-3 d'une boule de démolition en tête de flèche. N.B.: Le grutier fait toujours un bisou à la boule avant de commencer la démolition.

1.4. Visite de chantier 7 & 10 : Démontage & Montage de grue à tour à Verviers et à Neupré (13/04/2021 & 16/04/2021)

- **But et brève description de l'opération de levage**

La plupart des chantiers de construction font appel à une grue à tour pour les levages courant pendant la durée du chantier. Il existe deux types de grues à tour : les GME (grues à montage par éléments) et les GMA (grues à montage automatisé). Les GME requièrent une grue mobile pour pouvoir être édifiées sur un chantier.

- **Apports de la visite de chantier**

J'ai eu l'opportunité d'assister à un montage et à un démontage de grue à tour. Ces visites m'ont permis de prendre conscience de l'espace nécessaire pour l'assemblage/le désassemblage des éléments treillis et pour les semi-remorques qui les transportent. Lorsque cette opération est en cours, le chantier de construction ne s'arrête pas pour autant : il convient donc de prendre en considération l'organisation du chantier lors de l'élaboration de l'opération. Un travail de zonage est dès lors effectué afin d'assurer les dégagements nécessaires pour éviter tout obstacle et pour ne pas gêner les autres intervenants du chantier.

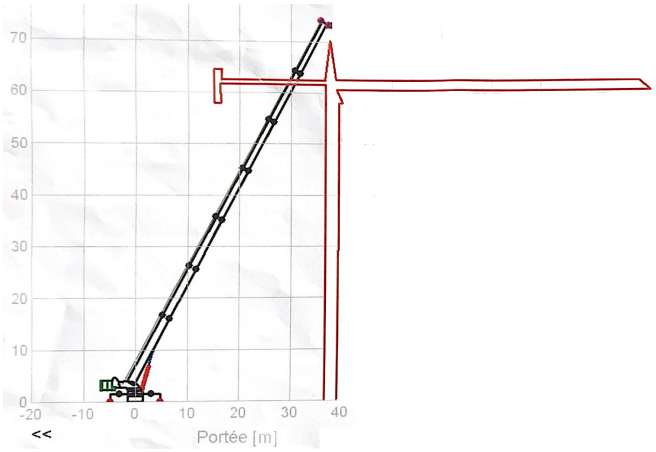


Figure 4 - Schéma montage grue à tour

(Source : Mincke F., 2021)

- **Relevé photographique**



Figure 5 – Relevé photographique – visite de chantier 6 (13/04/2021)

(Source : Mincke F., 2021)

- **Relevé photographique**



Figure 6 - Relevé photographique – Visite de chantier 7 & 10 (13&16/04/21)

(Source : Mincke F., 2021)

1.5. Visite de chantier 8 : Levage d'éléments préfabriqués à Rocourt (14/04/2021)

- **But et brève description de l'opération de levage**

La société Ibens est en charge de la construction et m'a accepté sur le chantier.

Ce projet porte sur la transformation de l'ancien hôpital du CHC de Rocourt en une maison de retraite. Il y a eu une phase de démolition avant la reconstruction. Le nouveau bâtiment est construit presque dans sa totalité en préfabriqué. J'ai assisté à la pose des pré-murs, des hourdis et des escaliers. Chaque élément nécessite un élingage spécifique.

Normalement, en construction de bâtiment résidentiel préfabriqué, on opte pour une grue à tour qui va desservir de manière centrale les différents lieux du chantier. Cependant, dans ce cas-ci, vu la géométrie du bâtiment, il serait difficile d'avoir une grue à tour qui permettrait de desservir tout le chantier.

Ils ont opté pour une grue sur chenille Sennebogen 5500XL montée avec une volée variable. Le grutier a une caméra en bout de flèche sans quoi il serait dépourvu de vision sur la charge. La cadence est rapide car il faut monter en moyenne 60 éléments préfabriqués par étage. On peut voir, sur les plans ci-dessous, que la grue a deux emplacements pour permettre de desservir les deux bâtiments. L'avantage est que, entre ces deux positions, le chemin de roulement est en bon état et dépourvu de dévers. La grue peut donc se déplacer d'un point de levage à l'autre entre les deux phases sans que sa volée variable soit démontée.

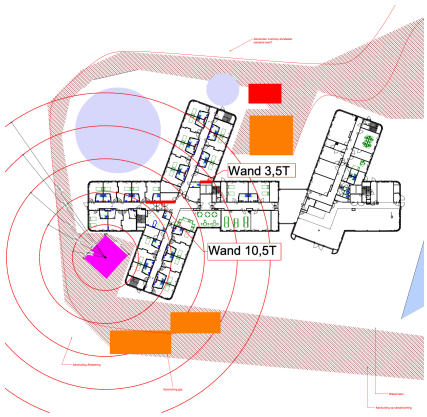


Figure 7 - Plan de montage de la société Ibens - Phase 1 du projet

(Source : Ibens)

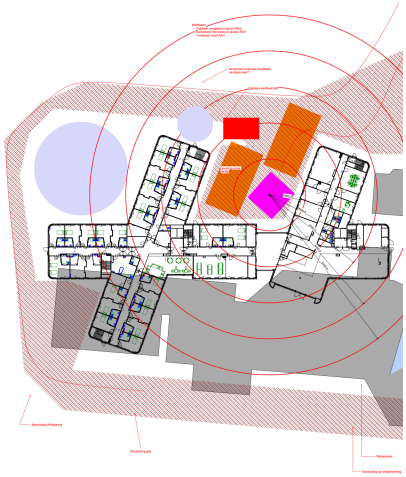


Figure 8 - Plan de montage de la société Ibens - Phase 2 du projet

(Source : Ibens)

- **Apports de la visite de chantier**

Nous constatons que les conditions de site constituent un élément important dans l'opération de levage. On y accordera une attention particulière lors de l'étape du traitement des données de base du logigramme car ces facteurs orientent le choix de sélection de la grue.

- **Relevé photographique**



Figure 9 – Relevé photographique – visite de chantier 8 (14/04/2021)

(Source : Mincke F., 2021)

1.6. Visite de chantier 9 : Démolition du pont barrage de Tihange (16/04/2021)

- **But et brève description de l'opération de levage**

Le projet prévoit la mise à grand gabarit du site éclusier. Les travaux ont débuté en août 2018 et devraient se terminer fin 2023. Ma première approche de ce chantier s'est faite par voie aérienne. En effet, j'ai eu la chance d'être levé par la grue dans le lève-personne. J'ai pu ainsi bénéficier d'une vue d'ensemble sur cet immense chantier.

Lors de cette visite, j'ai pu voir une grue sur barge. Le but de l'opération était de démonter les poutres en béton précontraint de l'ancienne passerelle piétonne qui faisait la liaison entre les deux rives de la Meuse.

Une LR 1100 a été employée pour effectuer l'opération et c'est cette même grue qui a assemblé la barge. La barge a été transportée par camion en blocs d'éléments modulables. On utilise cette technique de grue sur barge pour être au plus près de l'élément à lever. Dans ce cas-ci, il aurait été impossible d'effectuer un levage de ces poutres depuis le bord de berge car elle est trop éloignée de la charge. Le poteau noir (cf photo…) à côté de la barge sert d'ancrage afin d'éviter les mouvements de celle-ci. Le capitaine utilise aussi ce poteau pour manœuvrer et faire délicatement demi-tour lorsqu'il déplace la charge. Quand la charge est levée de quelques centimètres, le bateau commence à s'enfoncer légèrement. La poutre fait 25m de long pour 1,5m de hauteur et il faut prêter une attention particulière aux éléments précontraints pour éviter qu'elle ne se casse du à la post-tension. A cet effet, un palonnier spécial de 3 tonnes est nécessaire.

Une hypothèse de trente-cinq tonnes a été émise pour le poids de l'élément à manutentionner mais celui-ci s'est révélé plus lourd que prévu. Ce n'était pas un problème pour la LR 1100 mais bien pour la grue LTM 1250 montée en 140 (car moins de ballast et moins de transport). L'alarme de la machine s'est déclenchée mais, suite à une modification de sa position, le levage a pu alors s'effectuer.

J'ai aussi assisté à la pose de palplanches par une grue sur chenille équipée d'un moufle spécial. Ce dernier est un système de marteau vibrant mais les applications de cette grue sortent du cadre de mes recherches.

- **Apports de la visite de chantier**

Un point important auquel il faut porter attention lors de la réalisation du levage est l'inertie de l'objet à déplacer (dans ce cas-ci, les poutres). En effet, il est difficile de remettre la pièce dans l'axe une fois qu'elle est partie. La description et les caractéristiques de l'objet à déplacer sont capitales et doivent être prises en compte en amont du processus de sélection d'une grue.

- **Relevé photographique**



Figure 10 – Relevé photographique – visite de chantier 9 (16/04/2021)

(Source : Mincke F., 2021)

1.7. Visite de chantier 11 : Pose des dalles du tram de Liège (29/04/2021)

- **But et brève description de l'opération de levage**

Le but de l'opération consiste en la pose des premières plateformes préfabriquées qui accueilleront le futur Tram de Liège. La complexité de ce projet réside dans les conditions du site. En effet, le projet doit s'opérer en milieu urbain et, dans la rue Léopold, les obstacles immuables de l'environnement sont très contraignants.

Dans ce cas de figure, les dégagements minimaux requis entre la flèche et les obstacles sont difficilement satisfaits avec une grue mobile classique. Les grues mobiles travaillent avec leur flèche relevée et, dans cette rue étroite, il est impossible d'être suffisamment loin des câbles électriques.

C'est pourquoi des grues Cormach ont été choisies. Elles sont ergonomiques de par leur flèche qui travaille horizontalement avec télescopage en charge. Elles se déplacent rapidement du fait qu'elles sont montées sur châssis. De plus, elles sont puissantes à faible portée (cf. figure 11). Pour une question de facilité de mise en œuvre, l'opération se réalise en tandem lift. L'élément dimensionnant mesure dix-huit mètres de long et pèse plus ou moins trente tonnes.

Un autre point intéressant de ce levage est le système d'élingage spécifique utilisé. En effet, le palonnier est de forme trapézoïdale et est plus grand que la largeur de l'élément pour éviter toute pression sur les bords de la dalle et pour éviter d'éclater le béton.

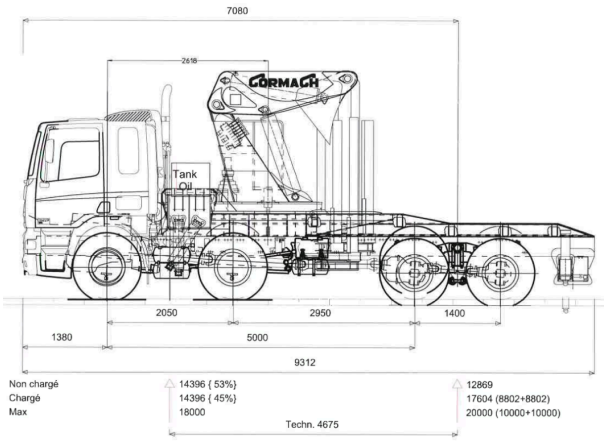


Figure 12 – Dimensions de la grue

(Source : Fiche technique180000-E5 Gormach p.2)

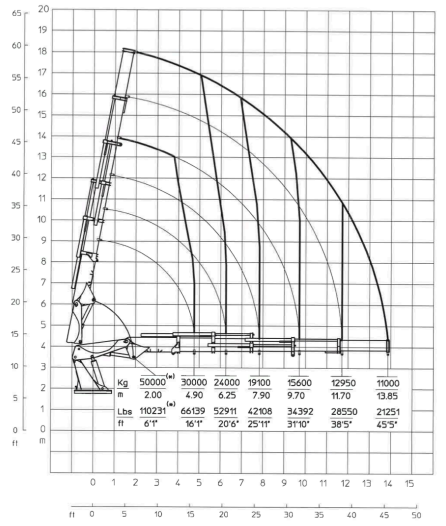


Figure 11 – Diagramme de charge

(Source : Fiche technique180000-E5 Gormach p.2)

- **Apports de la visite de chantier**

De nouveau, ce sont les conditions de site qui requièrent une attention particulière dans le processus de sélection des grues. L'opération a été réalisée en tandem lift pour gagner en facilité de mise en œuvre.

- **Relevé photographique**

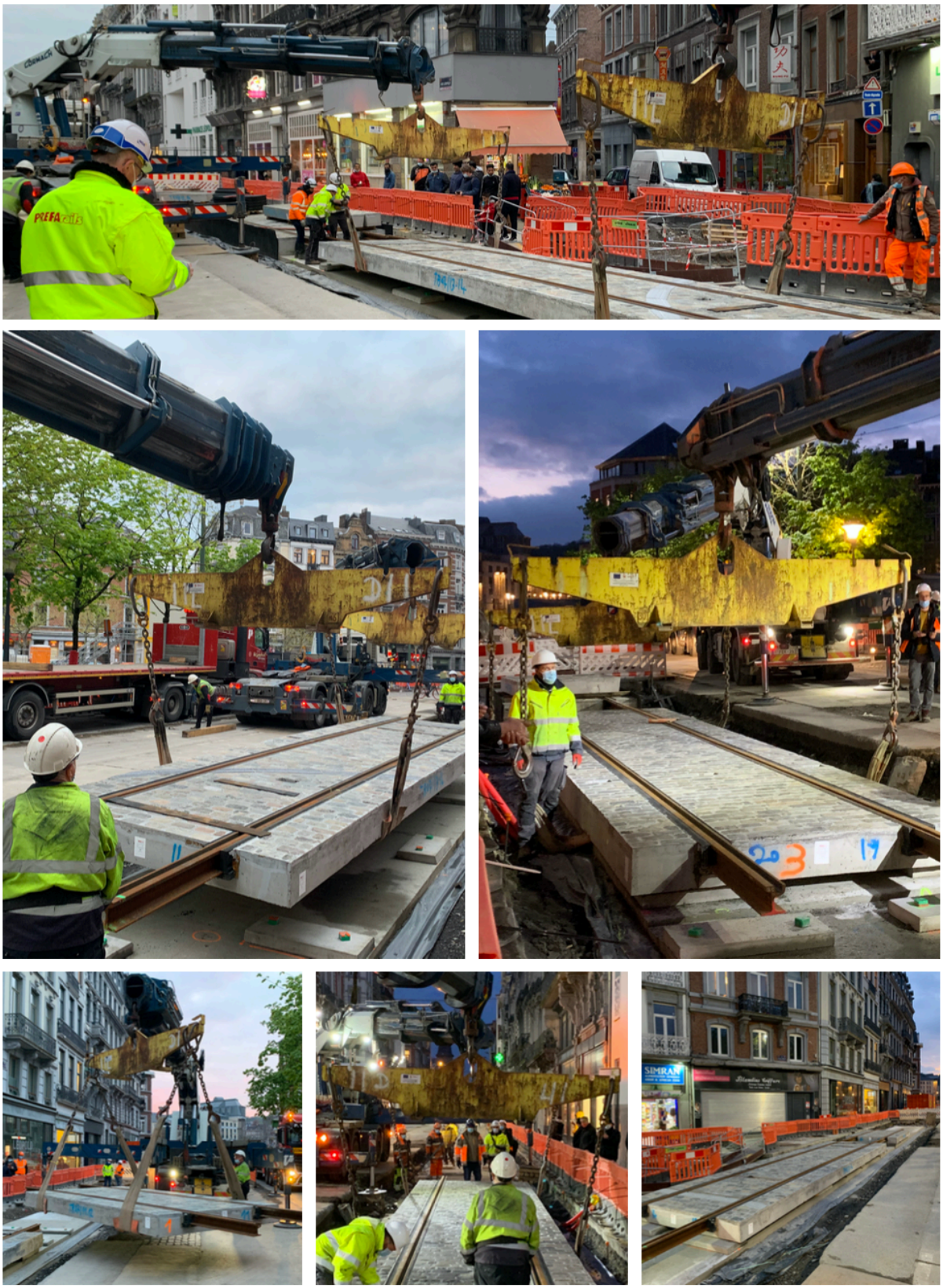
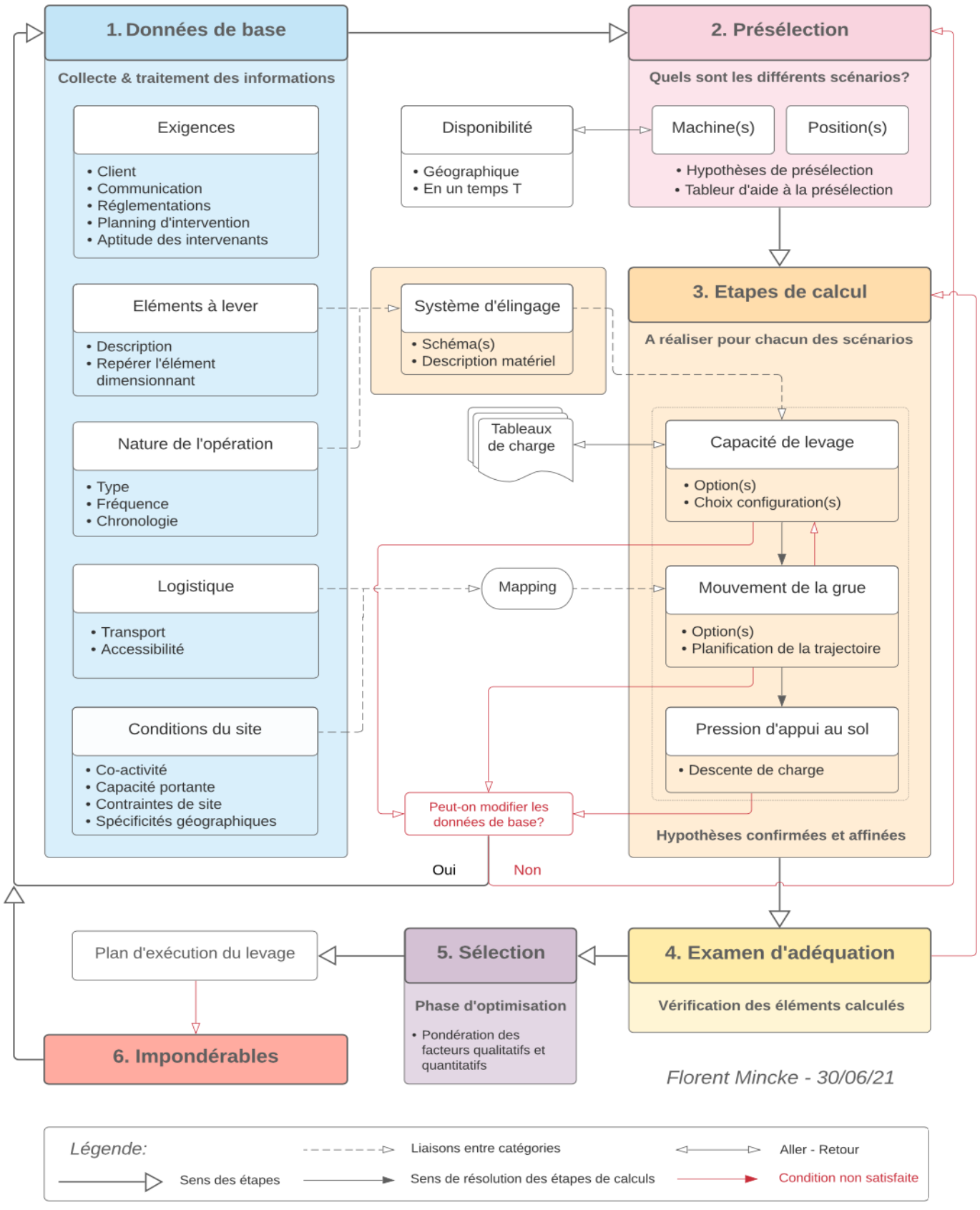


Figure 13 – Relevé photographique – visite de chantier 11 (29/04/2021)

(Source : Mincke F., 2021)

Annexe 2 - Check-list


1. Données de base
Collecte & traitement des informations
Exigences
• Client
• Communication
• Réglementations
• Planning d'intervention
• Aptitude des intervenants
Eléments à lever
• Description
• Repérer l'élément dimensionnant
Nature de l'opération
• Type
• Fréquence
• Chronologie
Logistique
• Transport
• Accessibilité
Conditions du site
• Co-activité
• Capacité portante
• Contraintes de site
• Spécificités géographiques
2. Présélection
Quels sont les différents scénarios?
Disponibilité
• Géographique
• En un temps T
Machine(s)
Position(s)
• Hypothèses de présélection
• Tableur d'aide à la présélection
3. Etapes de calcul
A réaliser pour chacun des scénarios
Système d'élingage
• Schéma(s)
• Description matériel
Tableaux de charge
Capacité de levage
• Option(s)
• Choix configuration(s)
Mapping
Mouvement de la grue
• Option(s)
• Planification de la trajectoire
Pression d'appui au sol
• Descente de charge
Peut-on modifier les données de base?
Oui
Non
Hypothèses confirmées et affinées
4. Examen d'adéquation
Vérification des éléments calculés
5. Sélection
Phase d'optimisation
• Pondération des facteurs qualitatifs et quantitatifs
Plan d'exécution du levage
6. Impondérables
Florent Mincke - 30/06/21
Légende:
Liaisons entre catégories
Aller - Retour
Sens des étapes
Sens de résolution des étapes de calculs
Condition non satisfaite

Description

• Projet: Lieu:

• Etude réalisée par: Date:
• Vérifiée par: Date:

1. Données de base

1.1 Exigences

1.1.1	*Client*	
	• Précision • Desiderata	

1.1.2	*Communication*	
	• Client • Interne • Externe	

1.1.3	*Règlementations*	
	• Rapport et restrictions imposés • Permis nécessaires & demandes d'autorisation • Panneaux de signalisation imposables • Impacts sur le voisinage, sur la vie marine, … • Taux d'émission de CO2	

1.1.4	*Planning d'intervention*	
	• Durée du temps de travail (préciser: date / activité prédécesseur & successeur) Au plus tôt : Au plus tard : Autres: • Délai imparti entre choix & besoins sur chantier • Organisation du chantier & son évolution	

1.1.5	*Aptitude des différents intervenants*	
	• Pré-qualification (s/t appareil de levage, s/t fournisseur,…)	

1.2 Elément(s) à lever

1.2.1	*Description*	
	• Plans disponibles?	☐ Non ☐ Oui Ref
	• Fiches techniques disponibles?	☐ Non ☐ Oui
	• Inspection?	☐ Non ☐ Oui
	• Peut-on intervenir sur le design de la charge?	☐ Non ☐ Oui
	• Peut-il reprendre des efforts?	☐ Non ☐ Oui
	• Des hypothèses sont-elles émises?	☐ Non ☐ Oui
	• Poids (t) • Longueur (m) • Nature • Forme • Prise au vent • Centre de gravité - stabilité • Y a-t-il ou faut-il créer des points de levage?	

1.2.2	*Répérer l'élément dimensionnant*

1.3 Nature de l'opération

1.3.1	*Type*	
	• Placement • Déplacement • Retournement • Déchargement	

1.3.2	*Fréquence*	
	• Ponctuel ou répétitif ? • Continu ou interrompu ? • Plusieurs positions? • Autorisation?	☐ Non ☐ Oui: Ref

1.3.3	*Chronologie*	
	• Plusieurs opérations? • Position initiale • Position finale • Décomposition des opérations dans l'espace et dans le temps	

1.4 Logistique → Mapping

1.4.1	*Transport*	
	• De la machine	☐ Route ☐ Voie ferrée ☐ Voie fluviale ☐ Autre Catégorie de convoi exceptionnel: …
	• De la charge	☐ Route ☐ Voie ferrée ☐ Voie fluviale ☐ Autre
	• Trajet de la grue identique à celui de l'objet?	

1.4.2	*Accessibilité*	
	• Identification de la/(des) voie(s) d'accès • Etat du sol • Nature du sol	

1.5 Conditions de site → Mapping

1.5.1	*Co-activité*	
	• Présence des autres intervenants du chantier, des routes, des voiries piétonnes, des bâtiments habités, … • Présence d'autres engins de chantier • Présence d'autres appareils de levage	

1.5.2	*Contraintes de site*	
	• Obstacles aériens • Obstacles enterrés • Obstacles immuables • Obstacles démontables	

1.5.3	*Spécificités géographiques*	
	• Données météorologiques • Zone venteuse, offshore, proximité d'un aéroport, …	

1.5.4	*Capacité portante du sol*	
	• Nature du sol • Capacité portante • Essais disponibles	

Mapping
Représentation & identification des spécificités du site

	Plan(s)

	Coupe(s)

Recueil photographique
Aide à la compréhension du travail

Commentaire(s) éventuel(s)

2. Présélection

Quels sont les scénarios à envisager pour ce projet?

• ***Scénario 1***	
• ***Scénario 2***	
• ***Scénario …***	

2.1 Position(s)

• ***Scénario 1***

Hypothèses

• ***Scénario 2***

…

2.2 Machine(s)

• ***Scénario 1***

Hypothèses

	Tableur	Donne une idée sur la capacité requise
	Portée (m)	
	Poids (t)	
	Poids rectifié (t) [Max 375]	
	Catégories	
	Ballast "sur roues" (t)	
	Max ballast (t)	
	Patin Longueur (m)	
	Patin Largeur (m)	
	Flèche principale Max (m)	
	Flèche treillis fixe/jib (m)	
	Volée variable (m)	
	Axe de rotation Ballast Y (m)	

Données à introduire

	Grue(s) préselectionnée(s)	
	• Marque • Type • Modèle	

• ***Scénario 2***

…

Disponibilité

	Géographique	
	• Cercle autour de la position du chantier • Gamme de grues • Parc interne • Equipement requis	

	En un temps T	

3. Etapes de calcul

A réaliser pour chaque scénario

Scénario 1

3.1 Système d'élingage

En fonction de l'élément à lever et de la nature de l'opération

• ***Option A***

Schéma

- Dimensions
- Faut-il utiliser un palonnier?
- Faut-il utiliser des systèmes d'accroche spéciaux?
- Quels types d'élingues faut-il employer?
- Mise en oeuvre

Description(s) Matériel(s)

Hypothèse(s) corrigée(s)

• ***Option B***

...

3.2 Capacité de levage

• ***Option A***

Facteurs techniques

- Charge nominale (t)
- Portée maximale (m)
- Hauteur min tête de flèche (m)

Configurations choisies

- Type de flèche principale (m)
- Type d'équipements (m)
- Empattement (m)
- Ballast (t)
- Mouflage
- % de la capacité

• ***Option B***

…

3.3 Mouvements

• ***Option A***

	Trajectoire	
	• Zonage • Rmin & Rmax • Dégagements • Aire des zones sans collision • Rmin & Rmax modifiés • Sécurité	

	Schéma	

• ***Option B***

…

3.4 Pression d'appui au sol

• ***Option A***

Descente des charges

• ***Option B***

…

Scénario 2

...

4. Examen d'adéquation

Lorsque les calculs sont finis, on procède à une vérification de ces éléments calculés.

• ***Scénario 1***

...

• ***Scénario …***

...

5. Sélection de la grue la plus adéquate pour le levage								
Pondération des facteurs pour chaque scénario et leurs options respectives								
Catégories des facteurs			Listing	Scénario 1		Scénario …		Commentaires
				Option A	Option …	Option A	Option …	
Quantitatif	Facteurs ayant un caractère financier modulable	Coût direct	Machine Configuration de la machine Transport de la charge Transport de la machine Transport des équipements Intervention sur les contraintes de site Intervention sur la capacité portante (l'état/nature du sol) Intervention sur le design de l'élément à lever Matériel nécessaire pour l'élingage Main-d'oeuvre Durée du temps de travail L'organisation du chantier & son évolution					
		Coût indirect	Signalisation Permis / Demande d'autorisation Restrictions environnementales Fréquence du levage Chronologie des actions Co-activité Accessibilité Pression au sol Trajectoire de la charge Machine réserve de capacité					
Qualitatif	Facteurs relevant d'une certaine subjectivité		Désidérata du client Communication Impacts sur le voisinage Pré-qualification Conditions générales de l'équipement /de la machine Facilité de mise en oeuvre Complexité du système d'élingage Sécurité Risque					
Disponibilité	Géographique		Machine Equipement Matériel d'élingage					
	En un temps T		Machine Equipement Matériel d'élingage					
Facteur de correction			Laissé à l'appréciation du management					
Mutliplication des pondérations				0,0	0,0	0,0	0,0	

Annexe 3 - Check-list cas d'étude 1

Table des figures - Annexe 3

Figure 1 - Mapping plan ……. p.34

Figure 2 - Mapping coupe ……. p.34

Figure 3 - Position Scénario 1 ……... p.35

Figure 4 - Position Scénario 2 ……... p.35

Figure 5 - Position Scénario 3 ……... p.35

Figure 6 - Schéma du système élingage - Scénario 1 ……... p.38

Figure 7 - Plan de préhension des cœurs d'appareils de voie ……. p.38

Figure 8 - Diagramme de charge – GMK 3060 ……. p.39

Figure 9 - Tableau de charge – GMK 3060 ……..……. p.39

Figure 10 - Diagramme de charge – LFT 1060-4.1 ……... p.39

Figure 11 - Diagramme de charge – LFT 1060-4.1…….. p.39

Figure 12 - Coupe Position initiale – GMK 3060 ……..…….. p.40

Figure 13 - Coupe Position finale – GMK 3060 ……..…. p.40

Figure 14 - Rayon max – GMK 3060……..…….. p.40

Figure 15 - Rayon max – LFT 1060-4.1 ……..……..…….. p.40

Figure 16 - Zone de collision entre flèches ……..……..…. p.40

Figure 17 - Pression d'appui en charge ……..……...…. p.41

Figure 18 - Schéma système d'élingage – Scénario 2 ……..……...…. p.42

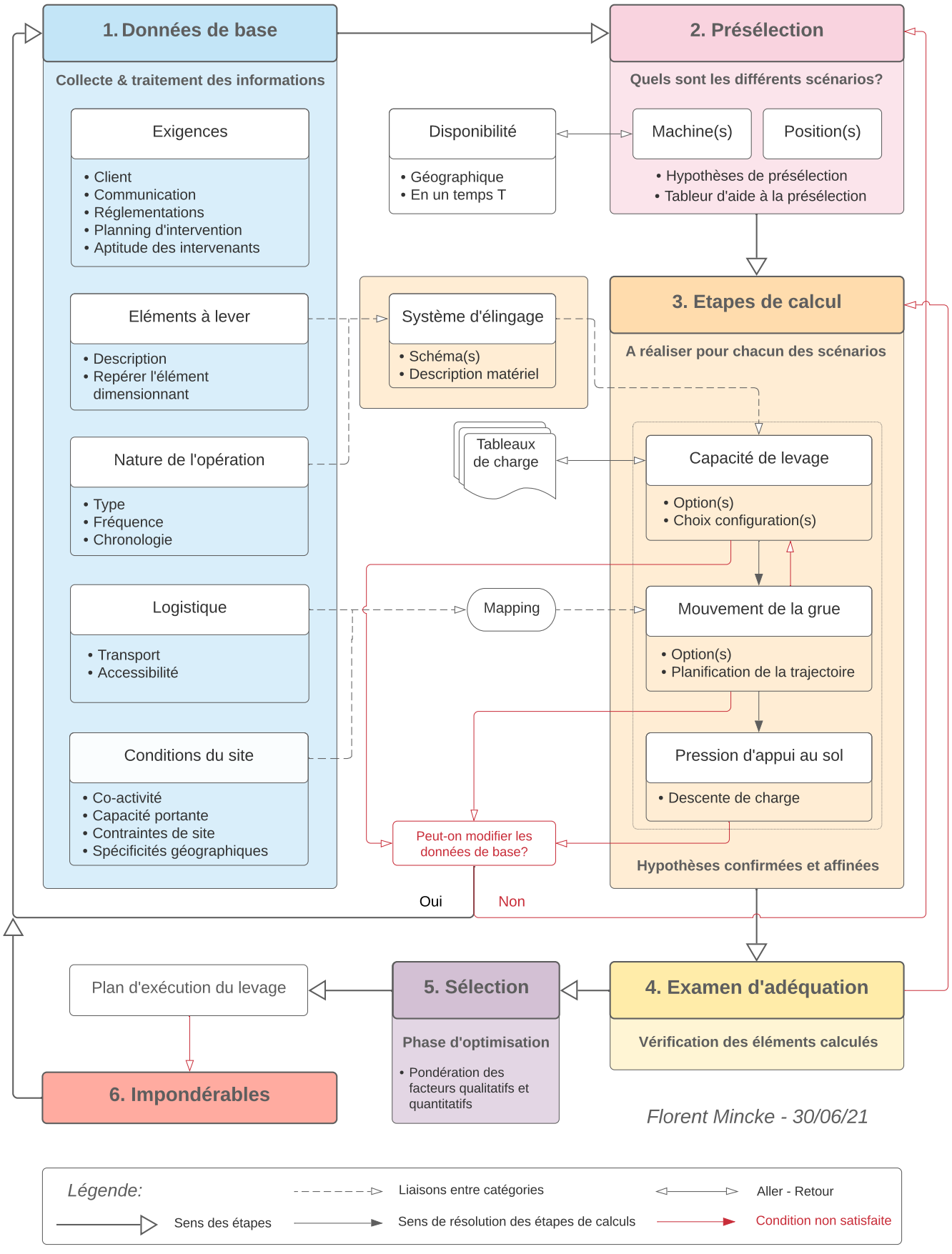
Figure 19 - Diagramme de charge – LMT 1120-4.1 ……..……...……... p.43

Figure 20 - Tableau de charge – LMT 1120-4.1 ……...……. p.43

Figure 21 - Tableau de charge – LMT 1200-5.1 ……...……. p.44

Figure 22 - Rayon max – Scénario 2 ……...…… p.44

Processus de sélection d'une grue mobile



Description

• Projet:	Préhension coeurs d'appareils de voie - Infrabel	Lieu:	Gare de Ans
• Etude réalisée par:	Florent Mincke	Date:	7/04/21
• Vérifiée par:		Date:	dd-mm-yyyy

1. Données de base

1.1 Exigences

1.1.1	*Client*	
	• Précision • Desiderata	• Le client doit libérer les wagons en date du 7/04/21

1.1.2	*Communication*	
	• Client • Interne • Externe	/

1.1.3	*Règlementations*	
	• Rapport et restrictions imposés • Permis nécessaires & demandes d'autorisation • Panneaux de signalisation imposables • Impacts sur le voisinage, sur la vie marine, … • Taux d'émission de CO2	• Opération se réalisant sur le parking du site d'Infrabel → pas d'exigence en terme de réglementation. (domaine privé) • Panneau interdisant le stationnement dans la zone de levage en date du 7/04/21

1.1.4	*Planning d'intervention*	
	• Durée du temps de travail (préciser: date / activité prédécesseur & successeur) Au plus tôt : Au plus tard: Autres: • Délai imparti entre choix & besoins sur chantier • Organisation du chantier & son évolution	• Opération one shot • En date du 7/04/21 • ± 1 mois à l'avance • Date imposée pour l'opération car besoin de dégager la voie.

1.1.5	*Aptitude des différents intervenants*	
	• Pré-qualification (s/t appareil de levage, s/t fournisseur,…)	• S'informer sur la réputation des différentes compagnies de location de grues dans la région de Liège (Jungling, Havart, MB construction,…)

1.2 Elément(s) à lever

1.2.1 *Description*

La complexité de ce levage réside dans la nature de l'objet à déplacer.

	Coeurs d'appareils de voie	
	• Plans disponibles?	☐ Non ☑ Oui: Ref 41.00.01-01-36c
	• Fiches techniques disponibles?	☑ Non ☐ Oui
	• Inspection?	☑ Non ☐ Oui
	• Peut-on intervenir sur le design de la charge?	☑ Non ☐ Oui
	• Peut-il reprendre des efforts?	☑ Non ☐ Oui flexion de l'élément si mal élingué
	• Des hypothèses sont-elles émises?	☑ Non ☐ Oui
	• Poids (t)	• 6,7
	• Longueur (m)	• 28,8
	• Nature	• /!\ fragile → éviter toute déformation de l'élément
	• Forme	• Linéaire • Allongée • Irrégulière → épaisseur variable à cause des semelles sous les rails
	• Prise au vent	/
	• Centre de gravité - stabilité	• A définir en fonction du système d'élingage choisi
	• Y a-t-il ou faut-il créer des points de levage?	• Existence de 4 points de levage répartis sur la longueur de l'élément

1.2.2 *Répérer l'élément dimensionnant*

Dans ce cas-ci, il n'y a qu'un élément à lever.
Par conséquent, ce sera l'élément dimensionnant.

1.3 Nature de l'opération

1.3.1	*Type*	
	• Placement	/
	• Déplacement	• Déplacement d'un aiguillage de chemin de fer se trouvant sur un wagon en vue de le stocker.
	• Retournement	/
	• Déchargement	/

1.3.2	*Fréquence*	
	• Ponctuel ou répétitif ?	• Ponctuel
	• Continu ou interrompu ?	/
	• Plusieurs positions?	• 1 position
	• Autorisation?	☐ Non ☐ Oui: Ref

1.3.3	*Chronologie*	
	• Plusieurs opérations?	• Non
	• Position initiale	• Position 1 = sur le wagon
	• Position finale	• Position 2 = sur les blocs en bétons
	• Décomposition des opérations dans l'espace et dans le temps	• De la position 1 à la position 2 pas d'autres opérations

1.4 Logistique

→ Mapping

1.4.1	*Transport*		
	• De la machine	☑ Route ☐ Voie ferrée ☐ Voie fluviale ☐ Autre	Catégorie de convoi exceptionnel: …
	• De la charge	☐ Route ☑ Voie ferrée ☐ Voie fluviale ☐ Autre	
	• Trajet de la grue identique à celui de l'objet?	• Dans l'optique d'un choix de grue mobile, la grue ne suit pas le même trajet que l'objet.	

1.4.2	*Accessibilité*	
	• Identification de la/(des) voie(s) d'accès	• La grue peut arriver par la Rue Aily car le gabarit le permet.
	• Etat du sol	• Route bituminée en bon état.
	• Nature du sol	

1.5 Conditions de site	→ Mapping

1.5.1	*Co-activité*	
	• Présence des autres intervenants du chantier, des routes, des voiries piétonnes, des bâtiments habités, … • Présence d'autres engins de chantier • Présence d'autres appareils de levage	/

1.5.2	*Contraintes de site*	
	• Obstacles aériens	• Les poteaux d'éclairage • Les caténaires sont suffisament éloignés du lieu de levage et ne constituent pas un obstacle.
	• Obstacles enterrés	/
	• Obstacles immuables	• Le bâtiment des bureaux de l'entreprise est séparé de la zone de levage par la route et donc, il ne constitue pas un obstacle.
	• Obstacles démontables	/

1.5.3	*Spécificités géographiques*	
	• Données météorologiques	• Levage planifié trop longtemps à l'avance pour savoir les prévoir
	• Zone venteuse, offshore, proximité d'un aéroport,…	/

1.5.4	*Capacité portante du sol*	
	• Nature du sol:	• Bon état bitume
	• Capacité portante:	
	• Essais disponibles:	/
	• Autres:	• Aucune étude n'a besoin d'être menée.

Mapping

Représentation & identification des spécificités du site

Plan

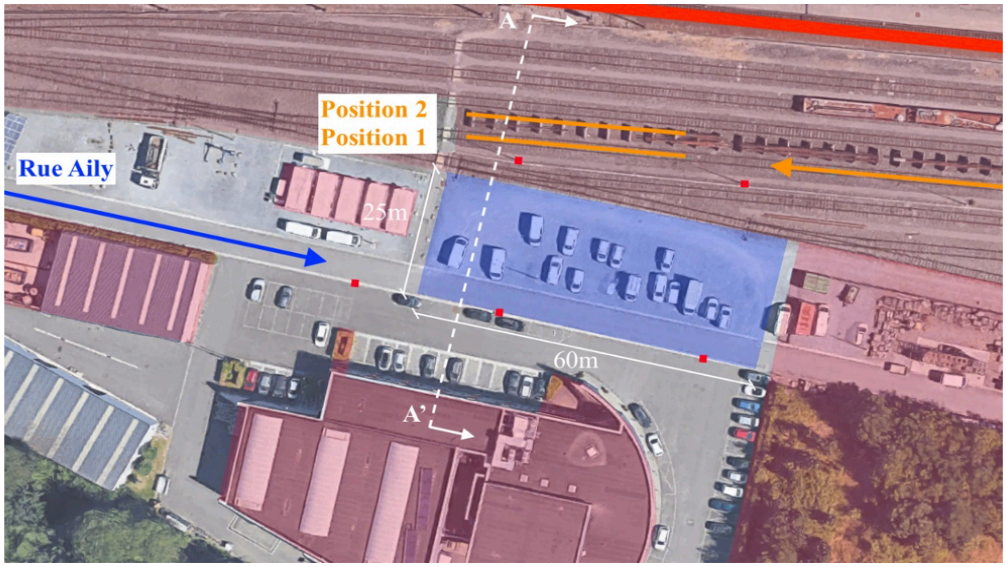


Figure 1 - Mapping plan

(Source : Mincke F., 2021)

Coupe

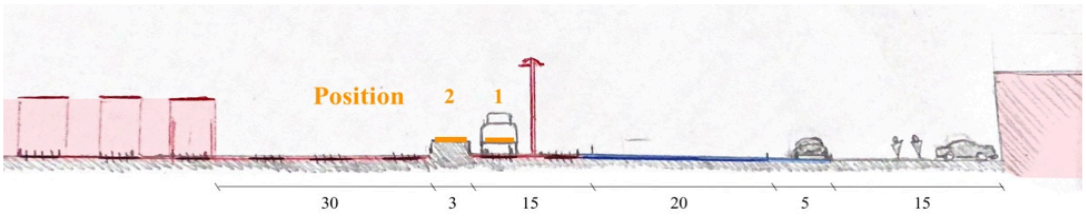


Figure 2 - Mapping coupe

(Source : Mincke F., 2021)

Recueil photographique

Aide à la compréhension du travail

Commentaire(s) éventuel(s)

2. Présélection

3 scénarios pour ce projet:

• ***Scénario 1*** (observé in situ)	• Deux grues mobiles de faible capacité • Un élingage simple
• ***Scénario 2***	• Une grue mobile de grande capacité • Un élingage complexe
• ***Scénario 3***	• Une grue montée sur wagon

2.1 Position(s)

• ***Scénario 1*** (observé in situ)	• Les têtes de flèches des deux grues doivent être positionnées à 7,5m des extrémités. • Il y a +- 14m entre les têtes de flèches.
• ***Scénario 2***	• La tête de flèche doit être centrée par rapport à l'élément à lever.
• ***Scénario 3***	• Le wagon-grue pourrait se placer sur le deuxième rail de chemin de fer en partant du côté de la zone de stock.

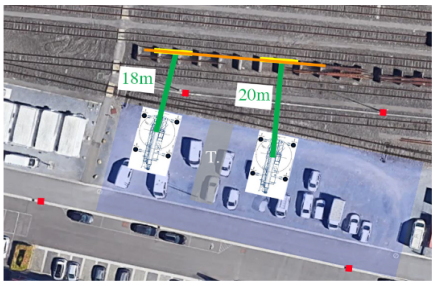


Figure 3 - Position Scénario 1

(Source : Mincke F., 2021)

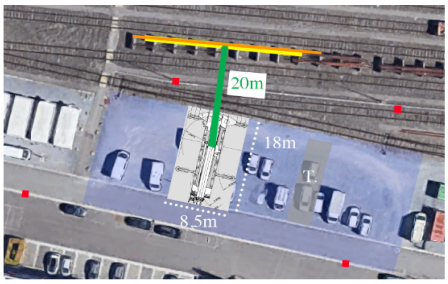


Figure 4 - Position Scénario 2

(Source : Mincke F., 2021)

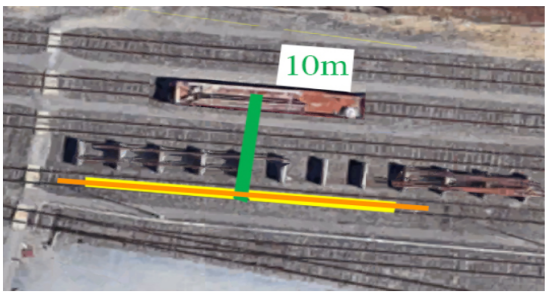


Figure 5 - Position Scénario 3

(Source : Mincke F., 2021)

2.2 Machine(s)

• *Scénario 1*

	Hypothèses	
	Hauteur sous crochet min (m)	~ 10
	Système d'élingage (t)	~ 2
	Charge totale (t)	~ 9
	Charge grue 1 (t)	~ 4,5
	Charge grue 2 (t)	~ 4,5

	Tableur	
	Portée (m)	**20**
	Charge (t)	**4,5**
	Charge rectifié (t)	4,95
	Catégories	70
	Patin Longueur (m)	8
	Patin Largeur (m)	6,3
	Flèche principale Max (m)	50
	Axe de rotation Ballast Y (m)	3,46

	Grues employées in situ	Grue 1	Grue 2
	• Marque	Grove	Liebherr
	• Type	Grue mobile sur porteur	Grue taxis (Châssis de camion)
	• Modèle	GMK 3060	LTF 1060-4.1

• *Scénario 2*

	Hypothèses	
	Hauteur sous crochet min (m)	~ 15
	Système d'élingage (t)	~ 4
	Charge totale (t)	~ 11

	Tableur	
	Portée (m)	**20**
	Charge (t)	**11**
	Charge rectifié (t)	12,1
	Catégories	120
	Patin Longueur (m)	7,2
	Patin Largeur (m)	7
	Flèche principale Max (m)	52
	Axe de rotation Ballast Y (m)	3,84

	Grue préselectionnée	
	• Marque	Liebherr
	• Type	Grue mobile sur porteur
	• Modèle	LTM 1120-4.1

• ***Scénario 3***	Le tableur n'est pas appliquable dans ce scénario-ci car il ne s'agit pas d'une grue mobile sur porteur

	Hypothèses	
	Hauteur sous crochet min (m)	~ 15
	Système d'élingage (t)	~ 5
	Charge totale (t)	~ 12

	Grue préselectionnée	
	• Marque	Heiring - Kriow
	• Type	Grue sur rail
	• Modèle	KRC 810 125t

Disponibilité

	Géographique	
	• Cercle autour de la position du chantier	• Bassin de Liège
	• Gamme de grues	• Les grues des scénarios 1 et 2 se trouvent facilement dans les compagnies de location de la région • La grue sur rail, c'est compliqué car il y en a très peu en Belgique
	• Parc interne	• Infrabel ne dispose ni de grue mobile ni de grue sur rail de capacité suffisante pour réaliser le travail
	• Equipement requis	• Pour le matériel nécessaire au système d'élingage du scénario 2, il faut vérifier la disponibilité.

	En un temps T	
		• L'opération a été commandée plus ou moins un mois à l'avance et la date est imposée.

3. Etapes de calcul

Scénario 1

3.1 Système d'élingage

En fonction de l'élément à lever et de la nature de l'opération

	Schéma	
	• Faut-il utiliser un palonnier?	• Oui, il en faut 2
	• Faut-il utiliser des systèmes d'accroche spéciaux?	• Non des élingues en nylon sont utilisées pour attacher le palonnier aux points d'accroche.
	• Quels types d'élingues faut-il employer?	• Elingue en nylon sous le palonnier. Des chaines sont utilisées pour raccorder les palonniers aux crochets.
	• Mise en oeuvre	• On place les chaines aux crochets des grues. Ensuite on lève les palonniers et après, on attache les palonniers à l'élément.

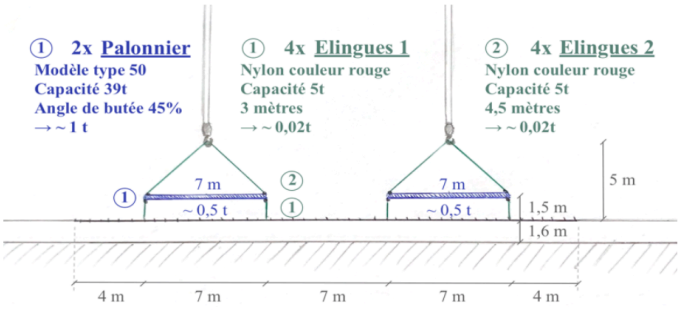


Figure 6 - Schéma du système élingage - Scénario 1

(Source : Mincke F., 2021)

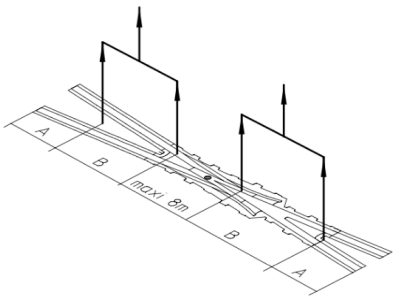


Figure 7 - Plan de préhension des cœurs d'appareils de voie

(Source : F32 plan réalisé par Infrabel)

	Hypothèses corrigées	
	Hauteur sous crochet min (m)	6,6
	Système d'élingage (t)	1
	Charge totale (t)	~ 8
	Charge grue 1 (t)	~ 4
	Charge grue 2 (t)	~ 4

3.2 Capacité de levage

	Facteurs techniques	
• Grue 1 - GMK 3060		
	• Charge nominale (t)	4
	• Portée maximale (m)	18
	• Hauteur min tête de flèche (m)	10

• Grue 2- LTF 1060-4.1	
• Charge nominale (t)	4
• Portée maximale (m)	20
• Hauteur min tête de flèche (m)	10

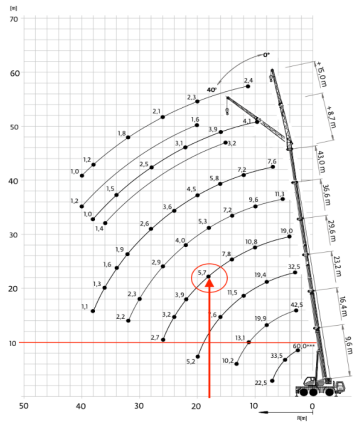
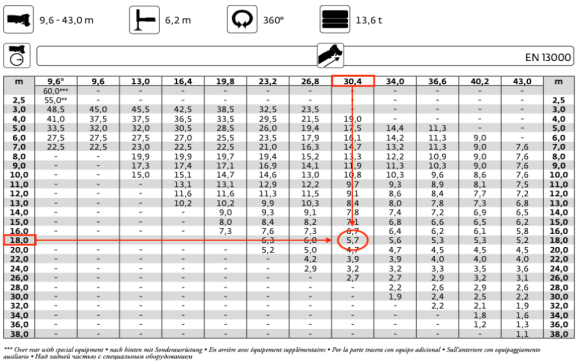


Figure 8 - Diagramme de charge - GMK 3060

(Source : Fiche technique GMK 3060 p.8)
(Modifié par : Mincke F., 2021)



m	9,6°	9,6	13,0	16,4	19,8	23,2	26,8	30,4	34,0	36,6	40,2	43,0	m
	60,0***	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2,5	55,0**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,5
3,0	48,5	45,0	45,5	42,5	38,5	32,5	23,5	-	-	-	-	-	3,0
4,0	41,0	37,5	37,5	36,5	33,5	29,5	21,5	19,0	-	-	-	-	4,0
5,0	33,5	32,0	32,0	30,5	28,5	26,0	19,4	17,5	14,4	11,3	-	-	5,0
6,0	27,5	27,5	27,5	27,0	25,5	23,5	17,9	16,1	14,2	11,3	9,0	-	6,0
7,0	22,5	22,5	23,0	22,5	22,5	21,0	16,3	14,7	13,2	11,3	9,0	7,6	7,0
8,0	-	-	19,9	19,9	19,7	19,4	15,2	13,3	12,2	10,9	9,0	7,6	8,0
9,0	-	-	17,3	17,4	17,1	16,9	14,1	11,9	11,3	10,3	9,0	7,6	9,0
10,0	-	-	15,0	15,1	14,7	14,6	13,0	10,8	10,3	9,6	8,6	7,6	10,0
11,0	-	-	-	13,1	13,1	12,9	12,2	9,7	9,3	8,9	8,1	7,5	11,0
12,0	-	-	-	11,6	11,6	11,3	11,5	9,1	8,6	8,4	7,7	7,2	12,0
13,0	-	-	-	10,2	10,2	9,9	10,3	8,4	8,0	7,8	7,3	6,8	13,0
14,0	-	-	-	-	9,0	9,3	9,1	7,8	7,4	7,2	6,9	6,5	14,0
15,0	-	-	-	-	8,0	8,4	8,2	7,1	6,8	6,6	6,5	6,2	15,0
16,0	-	-	-	-	7,3	7,6	7,3	6,7	6,4	6,2	6,1	5,8	16,0
18,0	-	-	-	-	-	6,3	6,0	5,7	5,6	5,3	5,3	5,2	18,0
20,0	-	-	-	-	-	5,2	5,0	4,7	4,7	4,5	4,5	4,5	20,0
22,0	-	-	-	-	-	-	4,2	3,9	3,9	4,0	4,0	4,0	22,0
24,0	-	-	-	-	-	-	2,9	3,2	3,2	3,3	3,5	3,6	24,0
26,0	-	-	-	-	-	-	-	2,7	2,7	2,9	3,2	3,1	26,0
28,0	-	-	-	-	-	-	-	-	2,2	2,6	2,9	2,6	28,0
30,0	-	-	-	-	-	-	-	-	1,9	2,4	2,5	2,2	30,0
32,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,2	2,1	1,9	32,0
34,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,8	1,6	34,0
36,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,2	1,3	36,0
38,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,1	38,0

*** Over rear with special equipment • nach hinten mit Sonderausrüstung • En arrière avec équipement supplémentaires • Por la parte trasera con equipo adicional • Sull'anteriore con equipaggiamento ausiliario • Vlak achterlk van meer c. crespaanmoer oliegebruiksaanw

Figure 9 - Tableau de charge - GMK 3060

(Source : Fiche technique GMK 3060 p.9)
(Modifié par : Mincke F., 2021)

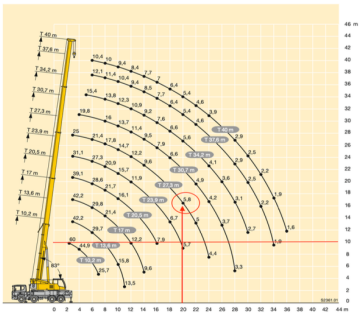
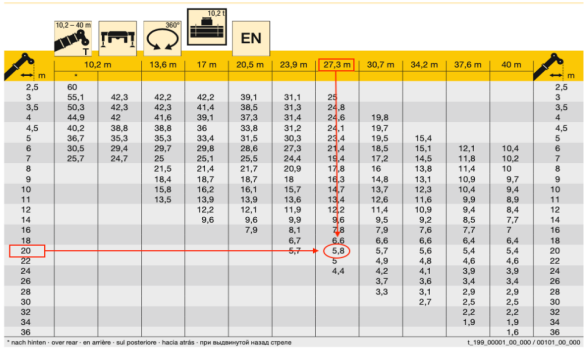


Figure 10 - Diagramme de charge - LTF 1060-4.1

(Source : Fiche technique LTF 1060-4.1, p.7)
(Modifié par : Mincke F., 2021)



m	10,2 m	13,6 m	17 m	20,5 m	23,9 m	27,3 m	30,7 m	34,2 m	37,6 m	40 m	m
2,5	60										2,5
3	55,1	42,3	42,2	42,2	39,1	31,1	25				3
3,5	50,3	42,3	42,3	41,4	38,5	31,3	24,8				3,5
4	44,9	42	41,6	39,1	37,3	31,4	24,6	19,8			4
4,5	40,2	38,8	38,8	36	33,8	31,2	24,1	19,7			4,5
5	36,7	35,3	35,3	33,4	31,5	30,3	23,4	19,5	15,4		5
6	30,5	29,4	29,7	29,8	28,6	27,3	21,4	18,5	15,1	12,1	10,4	6
7	25,7	24,7	25	25,1	25,5	24,4	19,4	17,2	14,5	11,8	10,2	7
8			21,5	21,4	21,7	20,9	17,8	16	13,8	11,4	10	8
9			18,4	18,7	18,7	18	16,3	14,8	13,1	10,9	9,7	9
10			15,8	16,2	16,1	15,7	14,7	13,7	12,3	10,4	9,4	10
11			13,5	13,9	13,9	13,6	13,4	12,6	11,6	9,9	8,9	11
12				12,2	12,1	11,9	12,2	11,4	10,9	9,4	8,4	12
14				9,6	9,6	9,9	9,6	9,5	9,2	8,5	7,7	14
16					7,9	8,1	7,8	7,9	7,6	7,7	7	16
18						6,7	6,6	6,6	6,6	6,4	6,4	18
20						5,7	5,8	5,7	5,6	5,4	5,4	20
22							5	4,9	4,8	4,6	4,6	22
24							4,4	4,2	4,1	3,9	3,9	24
26								3,7	3,6	3,4	3,4	26
28								3,3	3,1	2,9	2,9	28
30									2,7	2,5	2,5	30
32										2,2	2,2	32
34										1,9	1,9	34
36											1,6	36

* nach hinten · over rear · en arrière · sul posteriore · hacia atrás · при выдвинутой назад стреле

t_199_00001_00_000 / 00101_00_000

Figure 11 - Tableau de charge - LTF 1060-4.1

(Source : Fiche technique LTF 1060-4.1, p.4)
(Modifié par : Mincke F., 2021)

	Configurations choisies
• Grue 1 - GMK 3060	
• Type de flèche principale (m)	Télescopage 30,4
• Mouflage	Selon le grutier
• Ballast (t)	13,6t - full ballast
• Empattement (m)	6,2 (plein calage)
• % de la capacité	70

• Grue 2 - LTF 1060-4.1	
• Type de flèche principale (m)	Télescopage 27,3
• Mouflage	Selon le grutier
• Ballast (t)	10,2 - full ballast
• Empattement (m)	6,85 (plein calage)
• % de la capacité	69

3.3 Mouvements

Trajectoire

- Déplacement de la charge de la position 1 à 2
- Mouvement en charge = relèvement du crochet suivi d'un abaissement de flèche et finir avec un déroulement du câble
- Identifier des zones de rotations limitées des grues et de leurs zones de collision possibles entre les flèches

Schémas

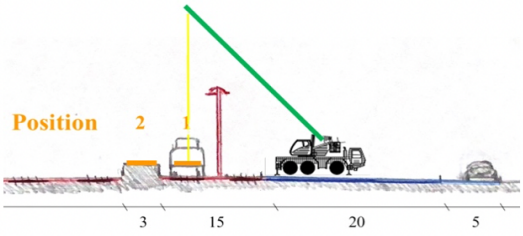


Figure 12 - Coupe Position initiale - GMK 3060

(Source : Mincke F., 2021)

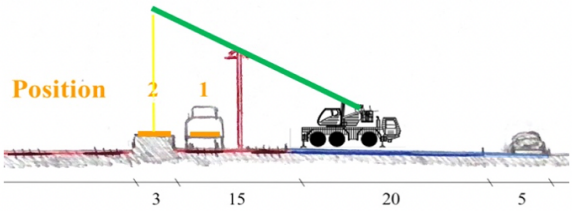


Figure 13 - Coupe Position finale - GMK 3060

(Source : Mincke F., 2021)

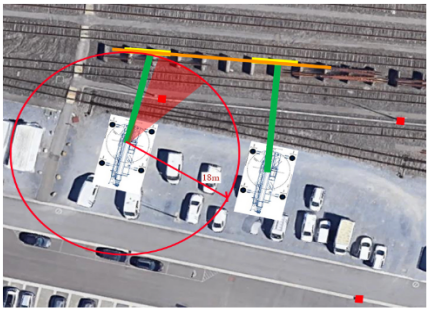


Figure 14 - Rayon max - GMK 3060

(Source : Mincke F., 2021)

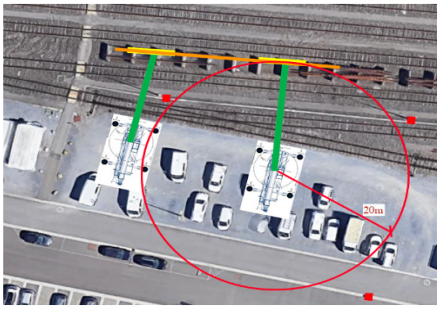


Figure 15 - Rayon max - LTF 1060-4.1

(Source : Mincke F., 2021)

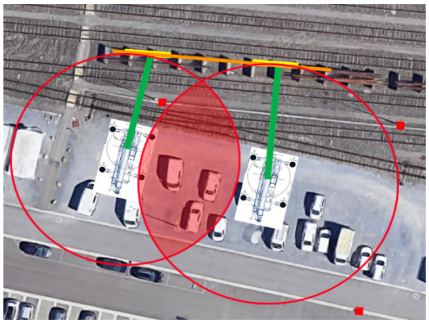


Figure 16 - Zone de collision entre flèches

(Source : Mincke F., 2021)

3.4 Pression d'appui au sol

Descente des charges

- Pas besoin de vérifier la capacité portante car le sol est une surface en bitume en bon état
- Note: les stabilisateurs qui se trouvent en dessous de la flèche vont reprendre un effort un peu plus important en charge

Schéma

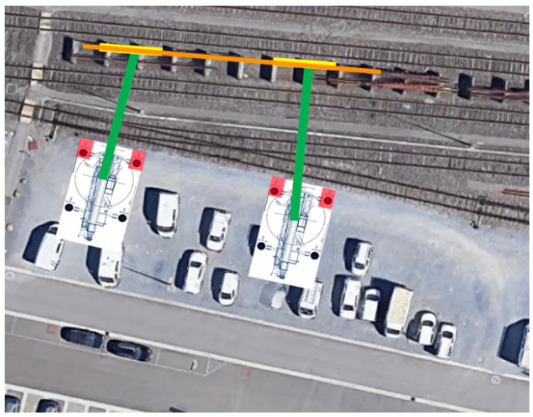


Figure 17 - Pression d'appui en charge

(Source : Mincke F., 2021)

Scénario 2

3.1 Système d'élingage

En fonction de l'élément à lever et de la nature de l'opération

	Questions à se poser	
	• Faut-il utiliser un palonnier?	• Oui, il en faut 3
	• Faut-il utiliser des systèmes d'accroche spéciaux?	• Non, des élingues en nylon sont utilisées pour attacher le palonnier aux points d'accroche.
	• Quels types d'élingues faut-il employer?	• Elingue en nylon sous le palonnier car elles sont légères et faciles d'utilisation.
	• Mise en oeuvre	• On lève d'abord le palonnier 2. On peut ensuite placer les chaines aux crochets des grues. Ensuite, on lève les palonniers 1 et après, on attache les palonniers à l'élément.

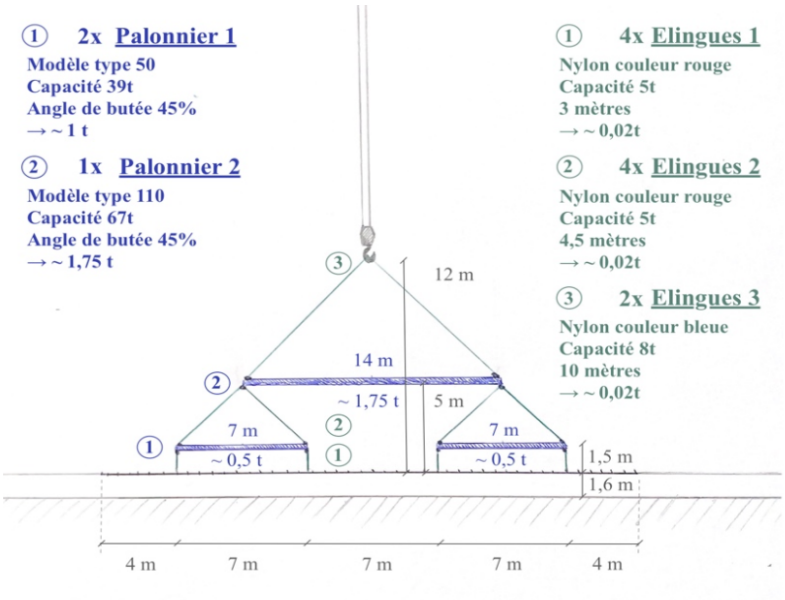


Figure 18 - Schéma système d'élingage - Scénario 2

(Source : Mincke F., 2021)

	Hypothèses corrigées	
	Hauteur sous crochet min (m)	13,6
	Système d'élingage (t)	3,25
	Charge totale (t)	~ 10,5

3.2 Capacité de levage

• *Option A*

	Facteurs techniques	
• Grue - LTM 1120-4.1		
	• Charge nominale (t)	10,5
	• Portée maximale (m)	20
	• Hauteur min tête de flèche (m)	14

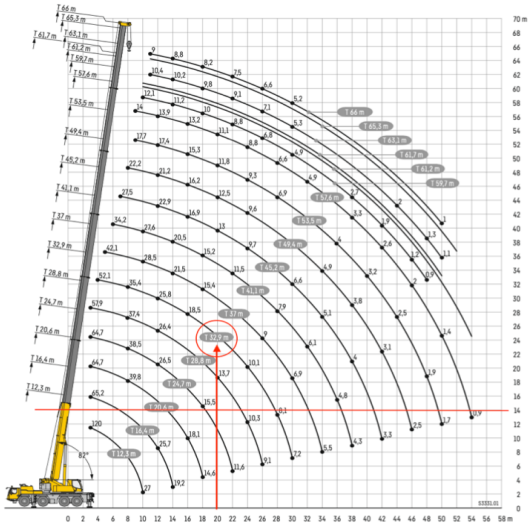
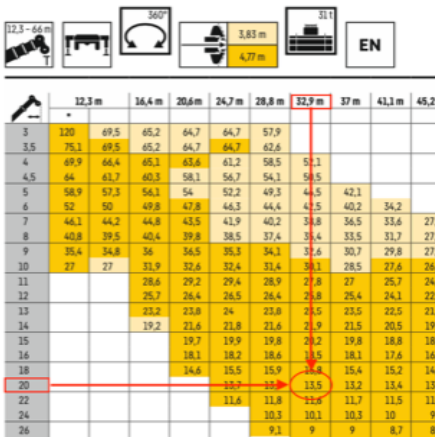


Figure 19 - Diagramme de charge - LTM 1120-4.1

(Source : Fiche technique LTM 1120-4.1, p.12)
(Modifié par : Mincke F., 2021)



	12,3 m	16,4 m	20,6 m	24,7 m	28,8 m	32,9 m	37 m	41,1 m	45,2
3	120	69,5	65,2	64,7	64,7	57,9			
3,5	75,1	69,5	65,2	64,7	64,7	62,6			
4	69,9	66,4	65,1	63,6	61,2	58,5	52,1		
4,5	64	61,7	60,3	58,1	56,7	54,1	50,5		
5	58,9	57,3	56,1	54	52,2	49,3	44,5	42,1	
6	52	50	49,8	47,8	46,3	44,4	42,5	40,2	34,2
7	46,1	44,2	44,8	43,5	41,9	40,2	38,8	36,5	33,6
8	40,8	39,5	40,4	39,8	38,5	37,4	35,4	33,5	31,7
9	35,4	34,8	36	36,5	35,3	34,1	32,6	30,7	29,8
10	27	27	31,9	32,6	32,4	31,6	30,1	28,5	27,6
11			28,6	29,2	29,4	28,9	27,8	27	25,7
12			25,7	26,4	26,5	26,4	25,8	25,4	24,1
13			23,2	23,8	24	23,8	23,5	23,5	22,5
14			19,2	21,6	21,8	21,6	21,9	21,5	20,5
15				19,7	19,9	19,8	20,2	19,8	18,8
16				18,1	18,2	18,6	18,5	18,1	17,6
18				14,6	15,5	15,9	16,8	15,4	15,2
20					13,7	13,9	13,5	13,2	13,4
22					11,6	11,8	11,6	11,7	11,5
24						10,3	10,1	10,3	10
26						9,1	9	9	8,7

Figure 20 - Tableau de charge - LTM 1120-4.1

(Source : Fiche technique LTM 1120-4.1, p.13)
(Modifié par : Mincke F., 2021)

	Configurations choisies	
• Grue - LTM 1120-4.1		
	• Nom	Configuration " T "
	• Type de flèche principale (m)	Télescopage 32,9
	• Mouflage	Selon le grutier
	• Ballast (t)	31 - full ballast & vario ballast
	• Empattement	7 (plein calage)
	• % de la capacité	78%

	Commentaires
	• Cette machine convient pour le levage. • Le problème est qu'il faut une configuration full ballast et que, par conséquent, un camion de transport supplémentaire est nécessaire. • En effet, la règlementation n'autorise que 12 tonnes max par essieu.

• ***Option B***
On recherche une grue de plus grande capacité qui n'aurait pas besoin de contrepoids en plus de ceux qu'elle transporte sur son châssis.

	Facteurs techniques
• Idem option A	

	Configurations choisies	
• Grue: LTM 1200-5.1		
	• Type de flèche principale (m)	Télescopage 31,3
	• Mouflage	Selon le grutier
	• Ballast (t)	12
	• Empattement (m)	8,3 (plein calage)
	• % de la capacité	89

3.3 Mouvements

- La trajectoire de la charge ainsi que les mouvements en charge de la grue sont similaires pour les scénarios 1 et 2.
- Les zones de rotations limitées sont différentes et sont représentées ci-dessous.

3.4 Pression d'appui au sol

- Comme dans le scénario 1, il n'y toujours pas besoin de vérifier la capacité portante du sol.
- Les stabilisateurs qui se trouvent en dessous de la flèche vont, ici aussi, reprendre un effort un peu plus important en charge que ceux situés en dessous des contrepoids.

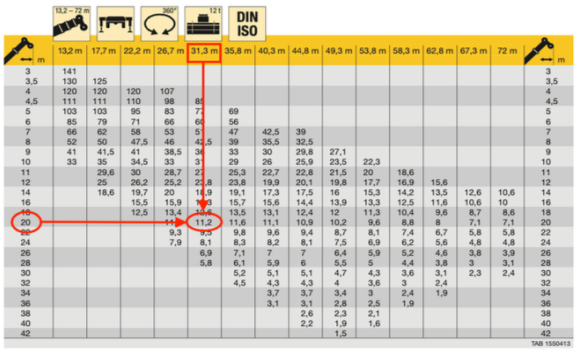


Figure 21 - Tableau de charge - LTM 1200-5.1

(Source : Fiche technique LTM 1200-5.1, p.6)
(Modifié par : Mincke F., 2021)

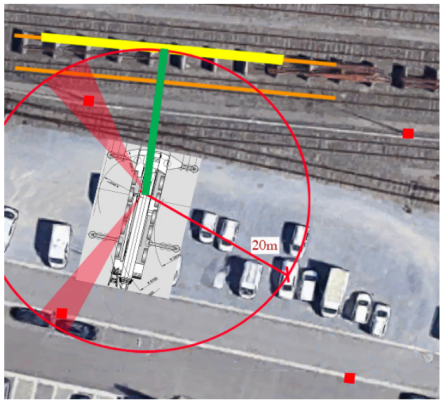


Figure 22 - Rayon max – Scénario 2

(Source : Mincke F., 2021)

5. Sélection de la grue la plus adéquate pour le levage								
Pondération des facteurs pour chaque scénario et leurs options respectives								
Catégories des Facteurs			Listing	Scénario 1	Scénario 2		Scénario 3	Commentaires
					Option A	Option B		Explication des pondérations accordées pour chaque critère
Quantitatif	Facteurs ayant un caractère financier modulable	Coût direct	Machine	0,75	1,25	0,5	0,25	0,25 - Une grue sur rail coûte très cher ; 0,5 - Une grue de 200t, c'est cher pour ce travail ; 0,75 - Deux grues 60, c'est un peu cher ; 1,25 - L'emploi d'une grue de 120t constituerait le choix de grue dont le prix de la machine serait le plus économique.
			Transport de la machine	0,75	1,5	1,5	0,25	0,25 - Beaucoup de contraintes pour le transport de la grue sur rails ; 0,75 - Deux grues à amener sur site ; 1,5 - Une seule grue à amener sur site
			Transport des équipements	1,5	0,75	0,75	0,25	0,25 - Autant de contraintes pour le transport de la grue sur rails que pour ses équipements ; 0,75 - Deux semi-remorques nécessaires pour les équipements du scénario 2 ; 1,5 - Un seul semi-remorque nécessaire pour les équipements car les 60t ont un espace de rangement pour leurs plaques de répartition et elles peuvent rouler avec leurs contrepoids.
			Matériel nécessaire pour l'élingage	1,25	0,75	0,75	0,75	0,75 - Un palonnier et 2 élingues supplémentaires pour les scénarios 2 et 3 par rapport au scénario 1 (pondération étant 1,5)
			Main-d'oeuvre	0,75	1,25	1,25	2	0,75 - Plus de main-d'oeuvre ; 1,25 - Moins de main-d'oeuvre ; 2 - Cette pondération a été accordée au scénario 3 car si Infrabel avait une grue sur rail, elle n'aurait pas besoin de faire appel à de la main-d'oeuvre supplémentaire, elle aurait juste besoin de ses équipes.
			Durée du temps de travail	1,5	1	1	1	1,5 - Il y a un gain sur la durée du temps de travail pour un levage en tandem
		Coût indirect	Permis / Demande d'autorisation	1	1	1	0,5	0,5 - Demande d'autorisations nécessaires pour l'emploi d'une grue sur rail
			Machine réserve de capacité	0,75	1,25	0,5	0,5	0,5 - Grue surdimensionnée pour le travail ; 0,75 - 70% de réserve de capacité mais tandem lift ; 1,25 - LTM 1120t-4.1 bien dimensionnée pour ce travail
Qualitatif	Facteurs relevant d'une certaine subjectivité		Facilité de mise en oeuvre	1,5	1	1	1	1,5 - Mise en oeuvre plus aisée pour le tandem lift
			Complexité du système d'élingage	1,25	0,75	0,75	1	0,75 - Elingage un peu complexe ; 1,25 - Elingage simple
			Risque	0,5	1	1	1	0,5 - Le tandem lift est plus risqué.
Disponibilité			Machine	1	1	1	0	0 - Indisponible, cette pondération va annuler toutes les autres qui ont été accordées pour le scénario 3 ; 1 - Il n'y a pas de délai, pas de problème concernant la disponibilité
			Matériel d'élingage	1,25	0,75	0,75	1	0,75 - Il se peut qu'il y ait du délai pour le palonnier modulable ; 1,25 - élingage simple facilement disponible
Facteur de correction			Laissé à l'appréciation du management	1	1	1	1	Aucun critère n'a été accordé dans ce cas théorique afin de tester l'efficacité de la pondération simple des critères.
Mutliplication des pondérations				1,0	0,9	0,1	0,0	Le scénario 1 est à privilégier car il a obtenu le plus grand score. C'est aussi ce scénario qui a été observé in situ. Cependant, il faut noter que le score obtenu pour l'option A du scénario 2 se rapproche fort du scénario 1.

Annexe 4 - Check-list cas d'étude 2

Table des figures - Annexe 4

Figure 1 - Pont en élévation ouest et en plan ……. p.50

Figure 2 - Schéma des propositions de découpe d'une structure …..……...……. p.51

Figure 3 - Mapping plan …….……... p.54

Figure 4 - Mapping plan coupe A-A'…….…….……... p.54

Figure 5 - Hypothèses sur les positions …….…….……... p.55

Figure 6 - Première estimations des portées pour les 4 scénarios ...…….... p.56

Figure 7 - Plan – Scénario 1 ……... p.60

Figure 8 - Zone de stockage – Scénario 1 …….……. p.60

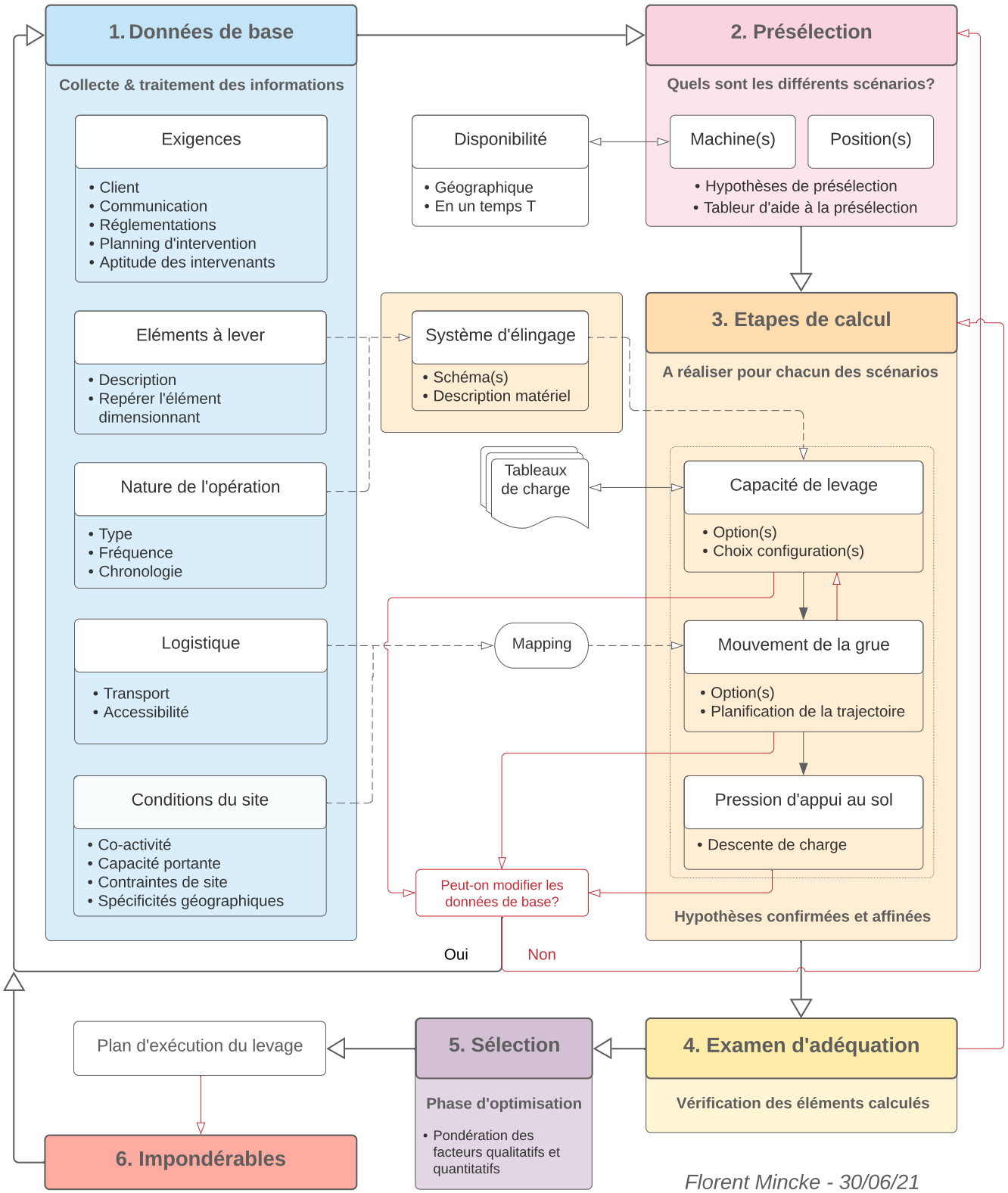
Figure 9 - Coupe BB' : vérification des dégagements ……...……...……. p.61

Figure 10 - Chronologique du levage en élévation – Scénario 1 ……...…….... p.63

Figure 11 - Schéma de la pente du nouveau pont …….. p.63

Figure 12 - Trajet : chantier - entrepôt ……... p.63

Processus de sélection d'une grue mobile



Description

• Projet:	Démontage du pont de Tilff - Entreprise BAM	Lieu:	Tilff
• Etude réalisée par:	Florent Mincke	Date:	26/06/21
• Vérifiée par:		Date:	dd-mm-yyyy

1. Données de base

1.1 Exigences

1.1.1	*Client*	
	• Précision • Desiderata	• L'opération doit se faire en express selon les desideratas du client.

1.1.2	*Communication*	
	• Client • Interne • Externe	/

1.1.3	*Règlementations*	
	• Rapport et restrictions imposés	• Des restrictions environnementales sont également à prendre en considération si le levage doit s'opérer dans le lit de l'Ourthe.
	• Permis nécessaires & demandes d'autorisation	• Dans le cas où le pont nouvellement crée devrait être privatisé pour le levage, il y aurait une demande d'autorisation pour implanter la grue sur la route avec les panneaux de signalisation et les restrictions qui en découlent.
	• Panneaux de signalisation	• De même, si le levage s'opère à proximité d'une voie de chemin de fer.
	• Impacts sur le voisinage, sur la vie marine, …	• Le centre de Tilff se trouve juste à côté et il y aura donc un impact sur le voisinage à prendre en considèration.

1.1.4	*Planning d'intervention*	
	• Durée du temps de travail • Délai imparti entre choix & besoins sur chantier	• Restreint
	• Organisation du chantier & son évolution	• Le nouveau pont est opérationnel
		• Les travaux de la rive gauche où se trouve la gare de Tilff sont presque terminés (pose des pavés au sol et des briques de recouvrement de la berge). Pour une question de continuité des travaux dans cette partie du chantier, le côté du pont en connexion avec la gare devrait être retiré en premier lieu.

1.1.5	*Aptitude des différents intervenants*	
	• Pré-qualification (s/t appareil de levage, s/t fournisseur,...)	• S'informer sur la réputation des différentes compagnies de location de grues dans la région de Liège (Jungling, Havart, MB construction,…)

1.2 Elément(s) à lever

1.2.1	*Description*	Une des complexités de ce levage réside dans l'intervention sur le design de l'élément.	
	• Plans disponibles?	☐ Non ☑ Oui:	
	• Fiches techniques disponibles?	☑ Non ☐ Oui	
	• Inspection?	☑ Non ☐ Oui	
	• Peut-on intervenir sur le design de la charge?	☐ Non ☑ Oui	• Différentes propositions de découpage de l'élément sont à prévoir
	• Peut-il reprendre des efforts?	☐ Non ☑ Oui	
	• Des hypothèses sont-elles émises?	☐ Non ☑ Oui	• Pour chacune des propositions, la charge des éléments doit être estimée.
	• Nature	• Structure métallique • Le pont est composé de 3 parties distinctes. • 2 structures différentes pour chaque partie car le pont comporte deux voies de roulements → 6 structures au total •Les parties situées aux extrémités sont identiques. • Les éléments du milieu sont plus longs et plus lourds.	
	• Prise au vent	/	
	• Centre de gravité - stabilité	• A définir en fonction de chaque proposition de découpe	
	• Y a-t-il ou faut-il créer des points de levage?	• Existence de points de levage	

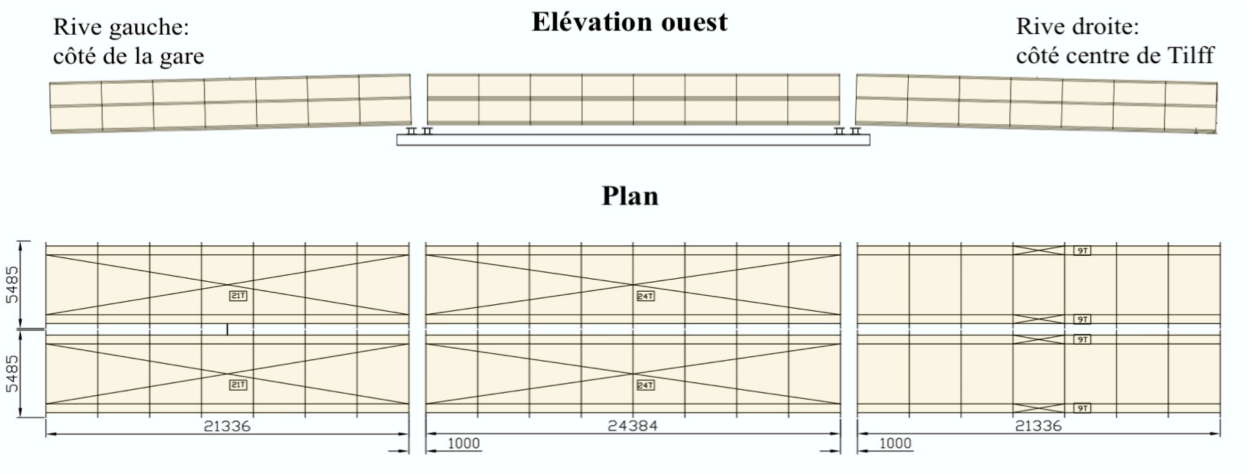


Figure 1 - Pont en élévation ouest et en plan

(Source: BAM) (Modifié par Mincke F., 2021)

Proposition 1 Proposition 2 Proposition 3



Figure 2 - Schéma des propositions de découpe d'une structure

(Source : Mincke F., 2021)

	6 propositions de découpe	
	• Proposition 1	• Séparer les éléments du plancher des éléments qui composent les parois. • Avantage: on conserve les éléments verticaux
	• Proposition 2	• Découper la moitié de l'élément vertical de la proposition 1 • Avantage: on a besoin d'une grue de plus faible capacité • Inconvénient: on ne conserve pas le pont. Le temps et la main-d'oeuvre
	• Proposition 3	• Soulever toute la structure sans la découper • Avantage: conservation de la structure. Gain de temps et de main-d'oeuvre • Incovénient: recours à une grue de plus grande capacité
	• Proposition 4	• Mixte entre les propositions 1 et 3 • Avantage: On a recours à une grue de plus faible capacité car on conserverait certains éléments. Ceux qui sont plus éloignés de la grue, on les découperait.
	• Proposition 5	• Mixte entre les propositions 1 et 2
	• Proposition 6	• Déboulonner toute la structure dans sa position actuelle • Incovénient: temps et risque encouru pour la main-d'oeuvre

Proposition 1 - élément vertical d'une structure	Quelle partie du pont?	
Hypothèses dimensions (en m)	partie centrale	partie côté centre de Tilff ou côté gare
Longueur	24,4	21,4
Hauteur	3	3
Hauteur d'élingage	~ 3	~ 3
Hauteur sous crochet minimum (Hsc)	~ **6**	~ **6**
Hypothèses charge (en t)		
Système d'élingage (t)	~ 0,2	~ 0,2
Charge (t)	~ 9,8	~ 9
Charge totale (t)	~ **10**	~ **9,2**

Proposition 3 - ensemble d'une structure	Quelle partie du pont?			
Hypothèses dimensions (en m)	partie centrale		partie côté centre de Tilff ou côté gare	
Chemin de roulement	Avec	Sans	Avec	Sans
Longueur	24,4		21,4	
Hauteur	3		3	
Hauteur d'élingage	~ 4		~ 4	
Hauteur sous crochet minimum (Hsc min)	~ 7		~ 7	
Hypothèses charge (en t)				
Système d'élingage (t)	~ 0,4		~ 0,4	
Charge (t)	~ 36,5	~ 24	~ 33,5	~ 21
Charge totale (t)	~ 37	~ 25,5	~ 34	~ 21,5

1.3 Nature de l'opération

1.3.1	*Type*	
	• Démontage	• Le but de l'opération consiste à démonter un pont métallique de 70 ans

1.3.2	*Fréquence*	
	• Ponctuel ou répétitif ?	• Répétitif dans la mesure où l'on va devoir lever les mêmes éléments plusieurs fois mais ceux-ci ne sont pas positionnés au même endroit.
	• Continu ou interrompu ?	• En fonction des scénarios
	• Plusieurs positions?	• En fonction des scénarios
	• Autorisation?	☐ Non ☐ Oui: Ref

1.3.3	*Chronologie*	
	• Plusieurs opérations?	• Oui
	• Décomposition des opérations dans l'espace et dans le temps	• En fonction des scénarios

1.4 Logistique

→ Mapping

1.4.1	*Transport*	La problématique n'est pas d'amener la pièce sur le site pour le levage mais elle consiste à soulever et puis évacuer l'élément.	
	• De la machine	☑ Route ☐ Voie ferrée ☐ Voie fluviale ☐ Autre	Catégorie de convoi exceptionnel: …
	• De la charge	☑ Route ☐ Voie ferrée ☐ Voie fluviale ☐ Autre	
	• Trajet de la grue identique à celui de l'objet?	• Oui	

1.4.2	*Accessibilité*	
	• Identification de la/(des) voie(s) d'accès	• On a un accès quasi direct à l'autoroute E25
	• Etat du sol	• Route bituminée en bon état.
	• Nature du sol	

1.5 Conditions de site	→ Mapping

1.5.1	*Co-activité*	
	• Présence des autres intervenants du chantier, des routes, des voiries piétonnes, des bâtiments habités, …	• Il faut porter une attention particulière à la co-activité car il y a un pont automobile et un piétonnier nouvellement créés, une ligne de chemin de fer, l'Ourthe et des bâtiments occupés. • Sachant qu'il s'agit d'un levage exceptionnel, des mesures doivent être prises en compte afin d'éviter que les passants ne se rendent à des endroits à risque pour regarder le levage.
	• Présence d'autres engins de chantier	/
	• Présence d'autres appareils de levage	/

1.5.2	*Contraintes de site*	
	• Obstacles aériens	• Les caténaires
	• Obstacles enterrés	/
	• Obstacles immuables	• La végétation
	• Obstacles démontables	/

1.5.3	*Spécificités géographiques*	
	• L'Ourthe	• Présence d'une rivière mais le tirant d'eau n'est pas suffisant pour pouvoir utiliser une grue sur barge.

1.5.4	*Capacité portante du sol*	
	• Nature du sol:	• Variable sur le site cf scénarios

Mapping

Représentation & identification des spécificités du site

Plan

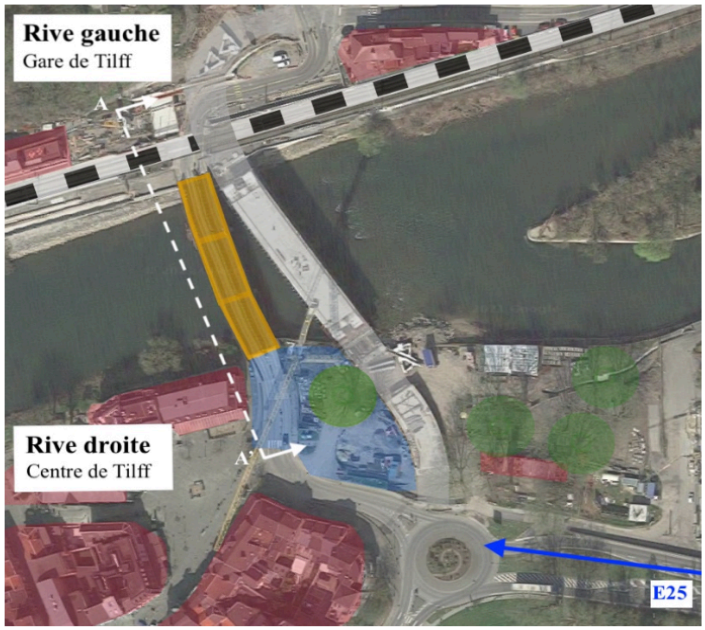


Figure 3 – Mapping plan

(Source : Mincke F., 2021)

Coupe

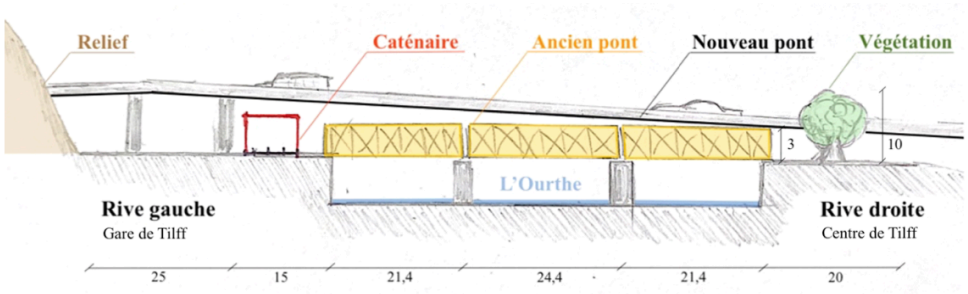


Figure 4 – Mapping coupe A-A'

(Source : Mincke F., 2021)

Recueil photographique

Aide à la compréhension du travail

Commentaire(s) éventuel(s)

2. Présélection

2.1 Position(s)

Grâce aux données de base récoltées, il est possible d'émettre des hypothèses concernant la position de la grue. Nous pouvons identifier quatre emplacements où cette dernière pourrait être implantée.

• Position 1	• On implante la grue à l'entrée de l'ancien pont du côté centre de Tilff.
• Position 2	• On implante la grue avant la voie de chemin de fer, soit côté gare.
• Position 3	• On implante la grue sur le pont, soit en position fixe, soit faisant varier son emplacement.
• Position 4	• On peut construire une plate-forme sur le lit de l'Ourthe afin d'y implanter la grue.
• Position 5	• Mixte entre les propositions 1, 2 et 3

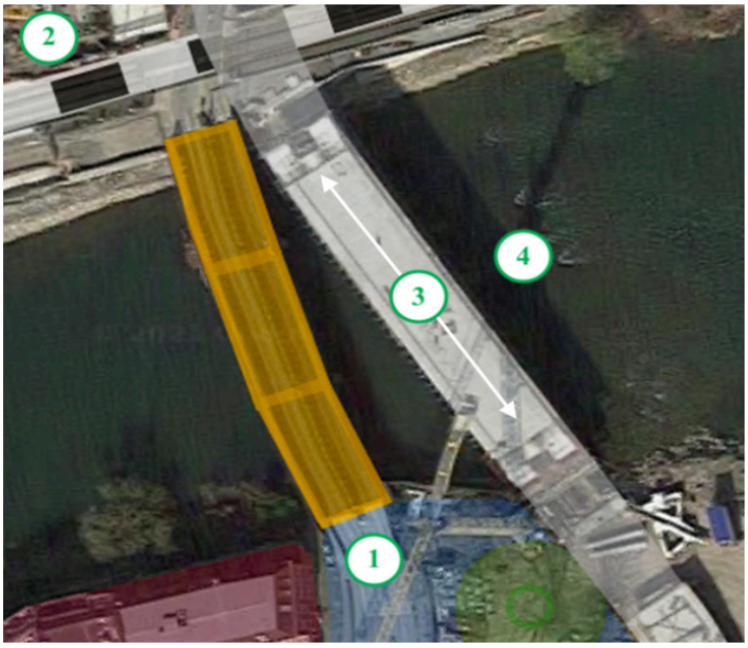


Figure 5 - Hypothèses sur les positions

(Source : Mincke F., 2021)

2.2 Machine(s)

Il existe 3 gammes de machines pour lesquelles on peut émettre des hypothèses quant à leur utilisation pour ce projet à savoir, les grues de petite, moyenne et grande capacité.

Scénario

L'analyse des combinaisons de 3 variables met en évidence l'existence d'un grand nombre de scénarios envisageables pour ce projet. Ces 3 variables sont : la position, le découpage des éléments et la gamme de grue. Chacune de ces variables comporte différentes options précédemment définies.

		Gamme de grue		
		Grande capacité	Capacité moyenne	Capacité réduite
Positions	Position 1	■	■	
	Position 2	■		
	Position 3	■	■	■
	Position 4	■		
	Position 5		■	■
Découpes	Proposition 1	■	■	
	Proposition 2			■
	Proposition 3	■	■	
	Proposition 4	■	■	
	Proposition 5			■
	Proposition 6			■

Il convient d'écarter les scénarios les moins adaptés et de sélectionner ceux qui semblent les plus appropriés. Il est possible de dégager 4 scénarios pour ce projet de levage :

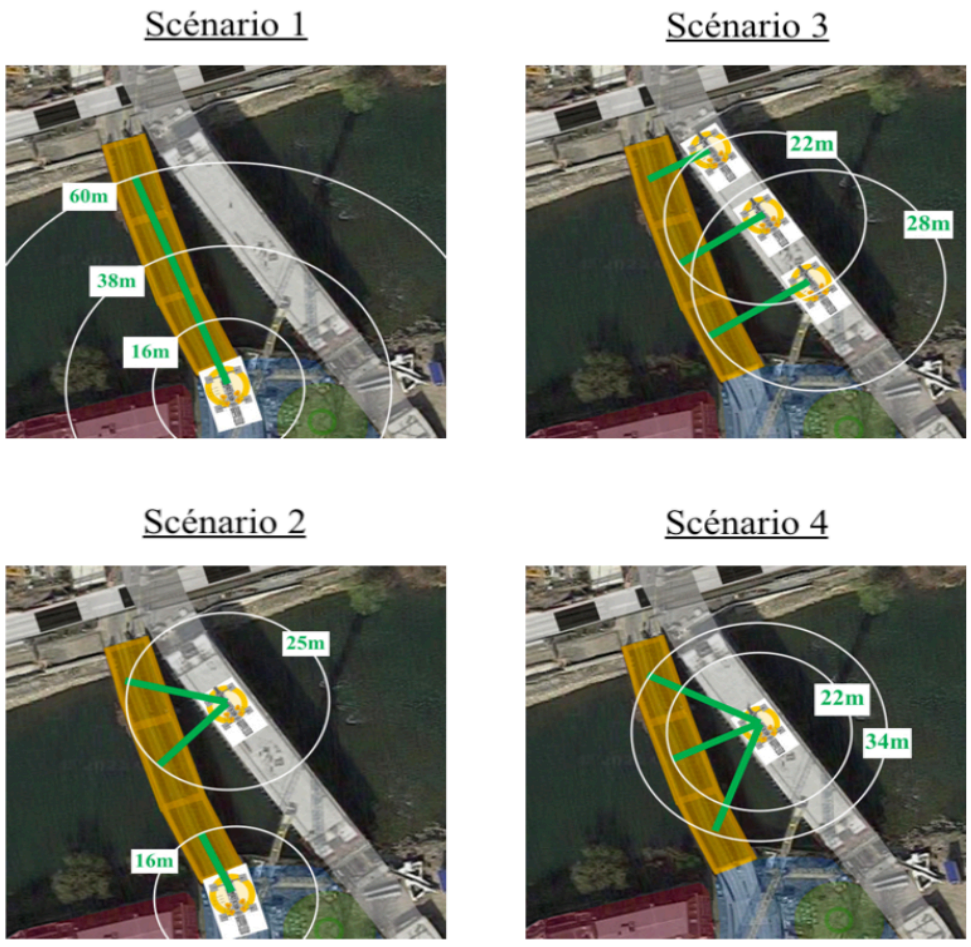


Figure 6 - Première estimation des portées pour le 4 scénarios

(Source : Mincke F., 2021)

• *Scénario 1* *(observé in situ)*

Une grue de capacité moyenne en position fixe du côté du centre de Tilff (position 1) avec une découpe mixte des structures (proposition 4).

• En fonction de l'éloignement de la grue par rapport à la structure, soit on découpera cette dernière afin de lever les éléments verticaux entiers, soit on lèvera entièrement certaines structures avec ou sans le chemin de roulement.

• En entrant les données (en bleu ci-dessous) dans le tableur, il en ressort une catégorie de grue mobile qui donne une première indication sur les grues compatibles. Les possibilités de découpe qui n'ont pas été retenues pour ce scénario sont représentées par des éléments barrés.

Tableur - Scénario 1 (position 1)						
Partie du pont:	**côté gare**	**centrale**			**côté centre de Tilff**	
Découpage:	Proposition 1	Proposition 3		~~Proposition 1~~	Proposition 3	
Chemin de roulement	/	~~Avec~~	Sans	~~/~~	Avec	~~Sans~~
Portée (m)	**~ 60**	~~~ 38~~	**~ 38**	~~~ 38~~	**~ 16**	~~~ 16~~
Charge (t)	**9,2**	~~37~~	**25,5**	~~10~~	**34**	~~21,5~~
Charge rectifiée (t)	10,12	~~40,7~~	28,05	~~11~~	37,4	~~23,65~~
Catégories	**350**	~~**500**~~	**400**	~~**200**~~	**200**	~~**160**~~
Max ballast (t)	140	~~165~~	140	~~72~~	72	~~46,8~~
Patin Longueur (m)	8,9	~~10~~	10	~~8,9~~	8,9	~~9,3~~
Patin Largeur (m)	8,5	~~9,6~~	9,5	~~8,3~~	8,3	~~8,3~~
Axe de rotation Ballast Y (m)	5,7	~~6,6~~	5,6	~~4,85~~	4,85	~~4,3~~

• *Scénario 2*

Une grue qui verrait son emplacement varier entre deux points fixes : une position sur le pont (position 3) et une autre du côté du centre de Tilff (position 1). Vu qu'on se rapproche de l'élément à lever, on choisit ici de lever la structure en entier (proposition 3).

• On implante la grue sur le pont de façon à avoir la même portée pour la partie côté gare et pour la partie centrale. Le pont à démonter étant composé de deux voies de roulement, l'élément dimensionnant pour lequel on doit regarder la portée est la structure la plus éloignée du pont (idem pour les scénarios 3 et 4).

Tableur - Scénario 2 (proposition de découpe 3)						
Partie du pont:	**côté gare**		**centrale**		**côté centre de Tilff**	
Position:	Position 3		Position 3		Position 1	
Chemin de roulement	~~Avec~~	Sans	~~Avec~~	Sans	~~Avec~~	Sans
Portée (m)	~~~ 26~~	**~ 26**	~~~ 26~~	**~ 26**	~~~ 16~~	**~ 16**
Charge (t)	~~34~~	**21,5**	~~37~~	**25,5**	~~34~~	**21,5**
Charge rectifiée (t)	~~37,4~~	23,65	~~40,7~~	28,05	~~37,4~~	23,65
Catégories	~~**400**~~	**250**	~~**400**~~	**350**	~~**200**~~	**160**
Max ballast (t)	~~140~~	97,5	~~140~~	140	~~72~~	46,8
Patin Longueur (m)	~~10~~	8,8	~~10~~	8,9	~~8,9~~	9,3
Patin Largeur (m)	~~9,5~~	8,5	~~9,5~~	8,5	~~8,3~~	8,3
Axe de rotation Ballast Y (m)	~~5,6~~	5,6	~~5,6~~	5,7	~~4,85~~	4,3

• *Scénario 3*

Une grue de capacité moyenne qui verrait son emplacement varier entre trois points fixes. En fonction de la partie de pont à démonter, la grue se rapprochera de l'élément afin de diminuer les portées à satisfaire.

• Il faut noter le fait que les deux ponts ne sont pas parallèles l'un à l'autre et que, dès lors la portée est variable. Il convient donc de comparer le levage de la partie du pont côté Tilff (élément pour lequel la portée est la plus grande) avec celle de la partie centrale afin de déterminer quel élément sera dimensionnant.

Tableur - Scénario 3 (position 3 mobile)

Partie du pont:	**centrale**		**côté centre de Tilff**	
Découpage	Proposition 3		Proposition 3	
Chemin de roulement	~~Avec~~	Sans	~~Avec~~	Sans
Portée (m)	~~~ 22~~	**~ 22**	~~~ 28~~	**~ 28**
Charge (t)	~~37~~	**25,5**	~~34~~	**21,5**
Charge rectifiée (t)	~~40,7~~	28,05	~~37,4~~	23,65
Catégories	~~**350**~~	**250**	~~**400**~~	**250**
Max ballast (t)	~~140~~	97,5	~~140~~	97,5
Patin Longueur (m)	~~8,9~~	8,8	~~10~~	8,8
Patin Largeur (m)	~~8,5~~	8,5	~~9,5~~	8,5
Axe de rotation Ballast Y (m)	~~5,7~~	5,6	~~5,6~~	5,6

• *Scénario 4*

Une variante au scénario précédent consisterait à conserver une position centrale sur le pont nouvellement construit (position 3).

• Etant donné l'implantation symétrique de la grue par rapport aux parties du pont côté centre de Tilff et côté gare (même portée), il convient de comparer le levage d'une de ces parties avec celle de la partie centrale afin de déterminer quel élément sera dimensionnant.

Tableur - Scénario 4 (position 3 fixe)

Partie du pont:	**centrale**		**côté centre de Tilff**	
• Découpage	• Proposition 3		• Proposition 3	
Chemin de roulement	Avec	~~Sans~~	~~Avec~~	Sans
Portée (m)	**~ 22**	~~~ 22~~	~~~ 34~~	**~ 34**
Charge (t)	**37**	~~25,5~~	~~34~~	**21,5**
Charge rectifiée (t)	40,7	~~28,05~~	~~37,4~~	23,65
Catégories	**350**	~~**250**~~	~~**700**~~	**350**
Max ballast (t)	140	~~97,5~~	~~160~~	140
Patin Longueur (m)	8,9	~~8,8~~	~~12,2~~	8,9
Patin Largeur (m)	8,5	~~8,5~~	~~12,3~~	8,5
Axe de rotation Ballast Y (m)	5,7	~~5,6~~	~~7,5~~	5,7

• *Discussion*

Suite à l'introduction des données dans le tableur,
il est possible de présélectionner des grues pour chaque scénario.

• *Scénario 1*

• Pour ce scénario, il faudra veiller aux dégagements et établir un zonage du stockage des éléments à cause des contraintes du site (arbres, bâtiments occupés).

• *Scénario 2*

• Il est possible de dissocier le levage en deux temps. Dans un premier temps, nous pourrions lever la partie côté gare avec la partie centrale avec une 350 tonnes et, dans un second temps, lever la partie côté centre de Tilff avec une 160 tonnes.

• Cependant, ce scénario est similaire au scénario 4 qui fait aussi appel à une 350 tonnes. De ce fait, on va écarter le scénario 2 qui est plus contraignant et ce, au profit d'un scénario 4 qui consiste en une opération « one shot ».

• *Scénario 3, 4*

• Le scénario 3 requiert une grue de plus petite capacité que son variant le scénario 4. Grâce au déplacement de la grue, la portée critique sera plus petite que dans les autres scénarios et on a recours à un modèle de grue plus économique.

• Par contre, le fait de réaliser le levage en un point central comme proposé dans le scénario 4 permettrait de faire gagner du temps.

• *Scénario 2, 3 ,4*

• Afin de réaliser une opération sur le pont nouvellement construit, il est nécessaire de demander des autorisations spéciales et de réaliser les travaux de nuit car il faut privatiser complètement les deux bandes de roulement du pont.

• Il est préférable d'opter pour un levage de la structure complète (proposition 3) dans un souci de rapidité d'exécution, l'idée étant de l'évacuer directement par convoi exceptionnel.

• Pour la plupart des levages, on enlèvera le chemin de roulement afin de diminuer la charge de la structure.

Scénario 1	~~Scénario 2~~		Scénario 3	Scénario 4
LTM 1450-8.1	LTM 1350-6.1	LTM 1160-5.2	LTM 1250-5.1	LTM 1350-6.1

Disponibilité

• Le lieu de levage se trouve à Tilff, une commune située près de Liège.

• L'ordre croissant de disponibilité des machines se présente donc comme suit : scénario 1- 4 - 3. Cet ordre est fonction de la capacité de la grue. Plus la grue est de petite capacité, plus il y a un grand nombre de grues dans la région.

3. Etapes de calcul

3.1 Système d'élingage

• Pour ce projet, le système d'élingage n'est pas un paramètre qui va être déterminant dans le choix de la grue. Il ne nécessite pas de réflexion particulière et aucun dispositif spécial ne doit être utilisé pour la préhension des pièces.
• C'est pourquoi il a été émis des hypothèses au point 1.2 concernant le poids et la hauteur des différents systèmes d'élingage en fonction des différents éléments à lever.

Scénario 1

3.2 Capacité de levage

• Il s'agit ici de déterminer si une configuration de la grue pré-sélectionnée (LTM 1450-8.1) satisfait les facteurs techniques les plus contraignants.
• L'élément dimensionnant identifié suite à ces premières estimations des portées est la structure centrale sans chemin de roulement.
• On regarde dans les fiches techniques et on trouve une configuration sans équipement de flèche avec empattement maximal qui satisfait les conditions.

	Facteurs techniques	
• Grue - LTM 1450-8.1		
	• Charge nominale (t)	25,5
	• Portée maximale (m)	38
	• Hauteur min tête de flèche (m)	10

	Configurations choisies	
• Grue - LTM 1450-8.1		
	• Type de flèche principale (m)	42,5
	• Ballast (t)	134
	• Vario ballast (m)	7
	• % de la capacité	92%

3.3 Mouvements

• Dans cette section, il convient de définir la trajectoire de la charge et de délimiter la zone où l'on dépose les éléments.

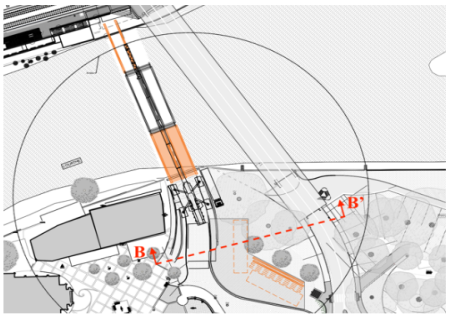


Figure 7 – Plan - Scénario 1
(Source: BAM) (Modifié par Mincke F., 2021)

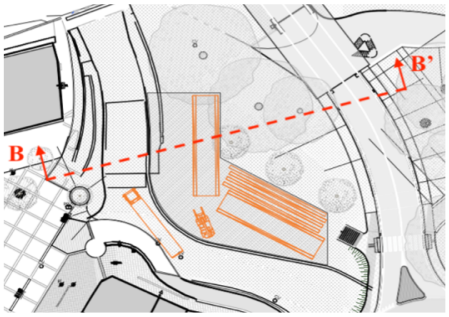


Figure 8 - Zone de stockage - Scénario 1
(Source: BAM) (Modifié par Mincke F., 2021)

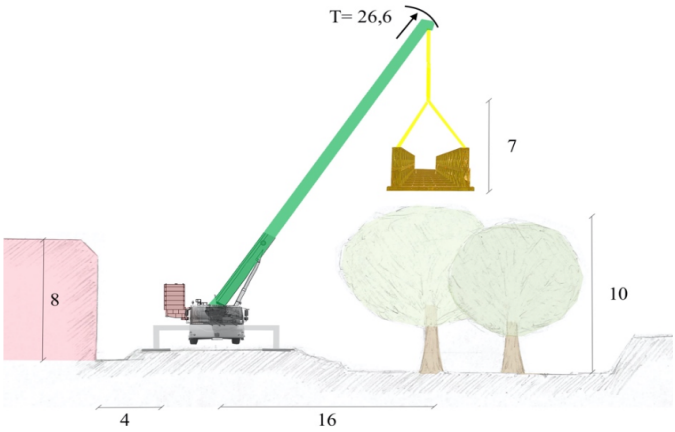


Figure 9 - Coupe BB': vérification des dégagements

(Source: Mincke F., 2021)

• Les mouvements de la grue doivent être analysés pour chaque élément à lever.
• Pour réaliser l'opération à cet endroit, il faut vérifier que la charge ne touche ni la flèche, ni l'arbre par-dessus lequel elle passe et que les dégagements entre les contrepoids de la machine et le bâtiment voisin sont suffisants.
• La figure ci-dessus représente la vérification des dégagements pour le levage d'une des structures de la partie du pont côté centre de Tilff.

Chronologie des actions

1) on lève les éléments proches du côté centre de Tilff (rive droite),
2) on lève ceux du côté de la gare (rive gauche),
3) on lève les éléments du milieu.

• Ce choix a été orienté par des questions d'espace requis pour la zone de stockage des éléments démontés.
• Les opérations 1 et 2 vont s'effectuer dans une première phase du projet. Etant donné que la zone de stockage sera remplie, une seconde phase du projet consistera à lever les éléments de la partie centrale.

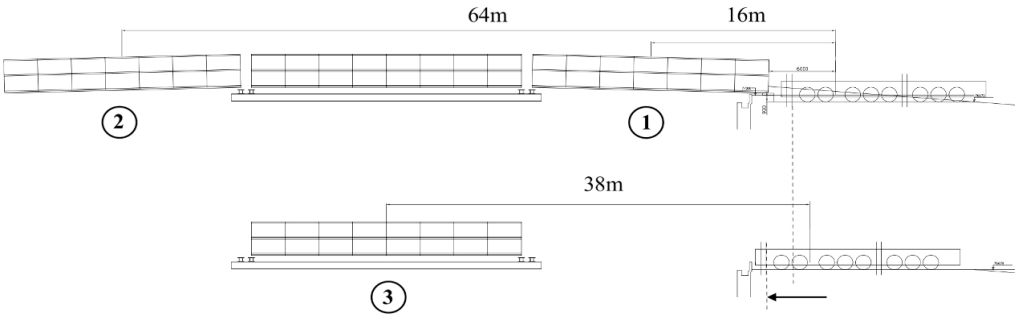


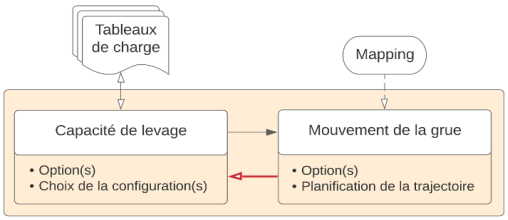
Figure 10 - Chronologie du levage en élévation - Scénario 1

(Source : Bam) (Modifié par Mincke F., 2021)

• On constate que les portées estimées dans l'étape de présélection sont différentes de celles déterminées par l'implantation exacte de la grue.
• Pour la partie du pont côté gare, on passe de 60m à 64m.
• Pour la seconde phase du projet, on doit déplacer la grue afin de conserver la portée initialement estimée.

3.2' Capacité de levage

• Vu que les portées ont varié, il convient de retourner dans l'étape de calcul de la capacité de levage pour s'assurer que le modèle de grue convienne toujours pour le levage.
• La charge maximale à lever ne consiste plus en l'élément dimensionnant. Il s'agit dorénavant des éléments dotés d'une portée critique (partie du pont côté gare) car on observe une réserve de capacité plus faible pour cette configuration.



	Facteurs techniques	
• Grue - LTM 1450-8.1		
	• Charge nominale (t)	9,2
	• Portée maximale (m)	64
	• Hauteur min tête de flèche (m)	10

	Configurations choisies	
• Grue - LTM 1450-8.1		
	• Type de flèche principale (m)	68,9
	• Ballast (t)	134
	• Vario ballast (m)	7
	• % de la capacité	97%

3.4 Pression d'appui au sol

• Afin d'implanter la grue en position 1, il faut modifier les conditions de site. Un terrassement doit être réalisé afin de compenser l'inclinaison du sol.
• Aucune étude de la capacité portante du sol n'est retenue car la berge est considérée comme suffisamment résistante pour reprendre les efforts.

Scénario 3

3.2 Capacité de levage

• La configuration la plus contraignante est celle dont la réserve de capacité est la plus faible. Cette dernière consiste à lever la structure la plus éloignée de la grue côté centre de Tilff.

Partie du pont :		**centrale**	**côté centre de Tilff**
Facteurs techniques	• Grue	LTM 1250-5.1	
	• Hauteur min tête de flèche (m)	10	
	• Portée (m)	22	28
	• Charge (t)	25,5	21,5
Configuration	• Télescopage flèche principale (m)	30.3	34.6
	• Ballast (t)	88	88
	• Vario ballast (rayon en m)	5,6	5,6
	• % de la capacité	83 %	**95 %**

3.3 Mouvements

• Les mouvements que doit réaliser la grue ainsi que les dégagements à satisfaire ne sont pas compliqués car les contraintes de site sont moins importantes.
• Cependant, il faut porter une attention particulière au calage de la grue. En effet, il faut assurer l'horizontalité de cette dernière malgré la pente du pont.

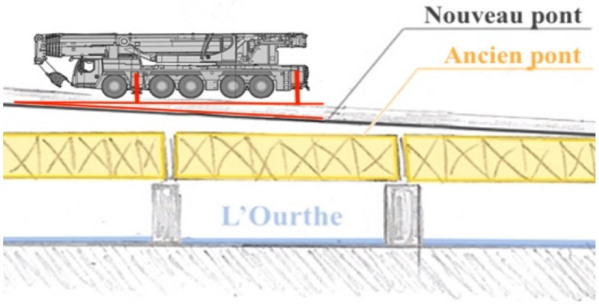


Figure 11 - Schéma de la pente du nouveau pont
(Source : Mincke F., 2021)

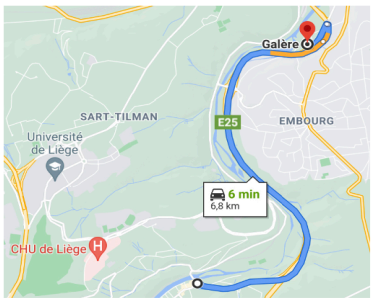


Figure 12 - Trajet : chantier - entrepôt
(Source : Google Maps)

• La grue étant implantée sur le pont, il faudra directement évacuer les éléments. Deux options sont à prendre en considération.
• Une option plausible consisterait à transporter les structures par convoi exceptionnel. Étant donné la connexion directe du lieu de levage avec la E25 et, vu que l'entrepôt Galère se trouve à 7 km (à Chênée), il pourrait être envisagé d'introduire une demande d'autorisation pour un convoi exceptionnel.

3.4 Pression d'appui au sol

• Une étude de stabilité doit être menée afin de positionner la grue sur le pont. On suppose dans ce cas d'étude théorique que le pont est suffisamment résistant pour reprendre les efforts transmis par les patins de la grue et par la charge du convoi exceptionnel.

Scénario 4

3.2 Capacité de levage

• Bien que ce scénario soit similaire au précédent, il faut vérifier quelle configuration de la grue sera la plus contraignante. Il se trouve que les deux configurations ci-dessous sont les plus contraignantes car elles ont la même réserve de capacité. Avec une réserve de capacité éauivalent à 11%, une certaine marge de sécurité est assurée. Il n'aurait pas été possible de prendre une configuration de grue avec moins de ballast car on aurait surdimensionné la grue.

Partie du pont:		**centrale**	**côté centre de Tilff**
Facteurs techniques	• Grue	LTM 1350-6.1	
	• Hauteur min tête de flèche (m)	10	
	• Portée (m)	22	34
	• Charge (t)	37	21,5
Configuration	• Télescopage flèche principale (m)	30,1	40,2
	• Ballast (t)	140	140
	• % de la capacité	**89 %**	**89 %**

5. Sélection de la grue la plus adéquate pour le levage								
Pondération des facteurs pour chaque scénario								
Catégories des facteurs			Listing	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4	Commentaires
Quantitatif	Facteurs ayant un caractère financier modulable	Coût direct	Machine	1	0,75	2	1,25	0,75 - L'utilisation de deux grues pour le levage est un peu cher; 1 - Grue de 450t ; 1,25 - Grue de 350t ; 2 - L'emploi d'une grue de 250t constituerait le choix de grue dont le prix de la machine serait le plus économique.
			Transport de la charge	2	1	0,5	0,5	0,5 - Convoi exceptionnel de catégorie 1 ; 1 - Mixte entre convoi exceptionnel de catégorie 1 et découpe des structures dans la zone de stock ; 2 - découpe des structures dans la zone de stock
			Transport de la machine	1	0,75	1,5	1,25	0,75 - Deux grues à amener sur site ; 1 - 450t à amener sur site ; 1,25 - 350t à amener sur site ; 1,5 - 250t à amener sur site
			Transport des équipements	1	0,75	1,5	1	Pour chaque scénario, il faut transporter 4 plaques de répartition ; 0,75 - 2 grues le transport est à prendre en compte 2x; 1 - 134t et 140t de ballast à transporter (respectivement pour les scénarios 1 et 3) donc besoin de 3 semi-remorques ; 1,5 - 88t de ballast à transporter donc besoin de 2 semi-remorques
			Intervention sur la capacité portante (l'état/nature du sol)	0,75	1	1	1	0,75 - Terrassement; 1 - Aucune intervention
			Intervention sur le design de l'élément à lever	1,5	2	2	2	1,5 - Découpe de la structure pour lever la partie côté gare ; 2 - Pas d'intervention (on soulève juste le chemin de roulement)
			Main-d'oeuvre pour l'exécution du levage	1	0,75	0,75	0,75	0,75 - Levage de nuit donc besoin de plus de personnes et plus cher ; 1 - Levage de jour
			Main-d'oeuvre pour la découpe	0,75	1	1	1	0,75 - Partie côté gare à découper ; 1 - Pas de découpe
			Durée du temps de travail	0,75	0,75	1,75	2	0,75 - Travail en deux phases ; 1,74 - Exécution rapide car différentes positions sur le pont ; 2 - Exécution très rapide car position centrale sur le pont
		Coût indirect	Signalisation	1,5	0,75	0,75	0,75	0,75 - Signalisation nécessaire (route barrée); 1,5 - pas besoin de signalisation
			Permis / Demande d'autorisation	1,5	0,25	0,25	0,25	0,25 - Demande d'autorisations nécessaires pour implanter la grue sur le pont mais aussi pour les convois exceptionnels; 1,5 Pas besoin d'introduire de demande d'autorisation
			Trajectoire de la charge	0,75	1	1,5	1,5	0,75 - Plus complexe car grande portée et contrainte de l'environnement ; 1,5 - Trajectoire simple
			Zone de stock	0,75	0,75	1	1	0,75 - Besoin d'une zone de stock ; 1 - Pas besoin de zone de stock
Qualitatif	Facteurs relevant d'une certaine subjectivité		Impacts sur le voisinage	1	0,75	0,75	0,75	0,75 - bruit pendant la nuit et route barrée pendant quelques heures
			Risque	1	0,75	0,75	0,75	0,75 - Un levage réalisé de nuit est plus risqué ; 1 - Attention aux spectateurs
Disponibilité			Machine	0,75	1	1	1	0,75 - Il se peut qu'il y ait du délai ; 1 - Il n'y a pas de délai, pas de problème concernant la disponibilité
Facteur de correction			Laissé à l'appréciation du management	1	0	1	1	un facteur zéro a été attribué pour le scénario 2 de par la décision prise à l'étape de pré-sélection
Mutliplication des pondérations				**1,2**	0,0	0,9	0,4	Il ressort de cette analyse que le scénario 1 est à privilégier car il a obtenu le plus grand score. Cependant, il faut noter que le score obtenu pour le scénario 3 se rapproche fort du scénario 1.

Annexe 5 - Check-list cas d'étude 3

Table des figures - Annexe 5

Figure 1 - Vestas V100 – 9 éléments ……. p.69

Figure 2 - (a) Accès au site de l'ET4 et (b) pente d'un site …..……...……...……. p.71

Figure 3 - Mapping …….……... p.72

Figure 4 - Extrait du planning de levage …….……..…….……... p.73

Figure 5 - Présélection sur base d'une fiche technique …….……..……... p.74

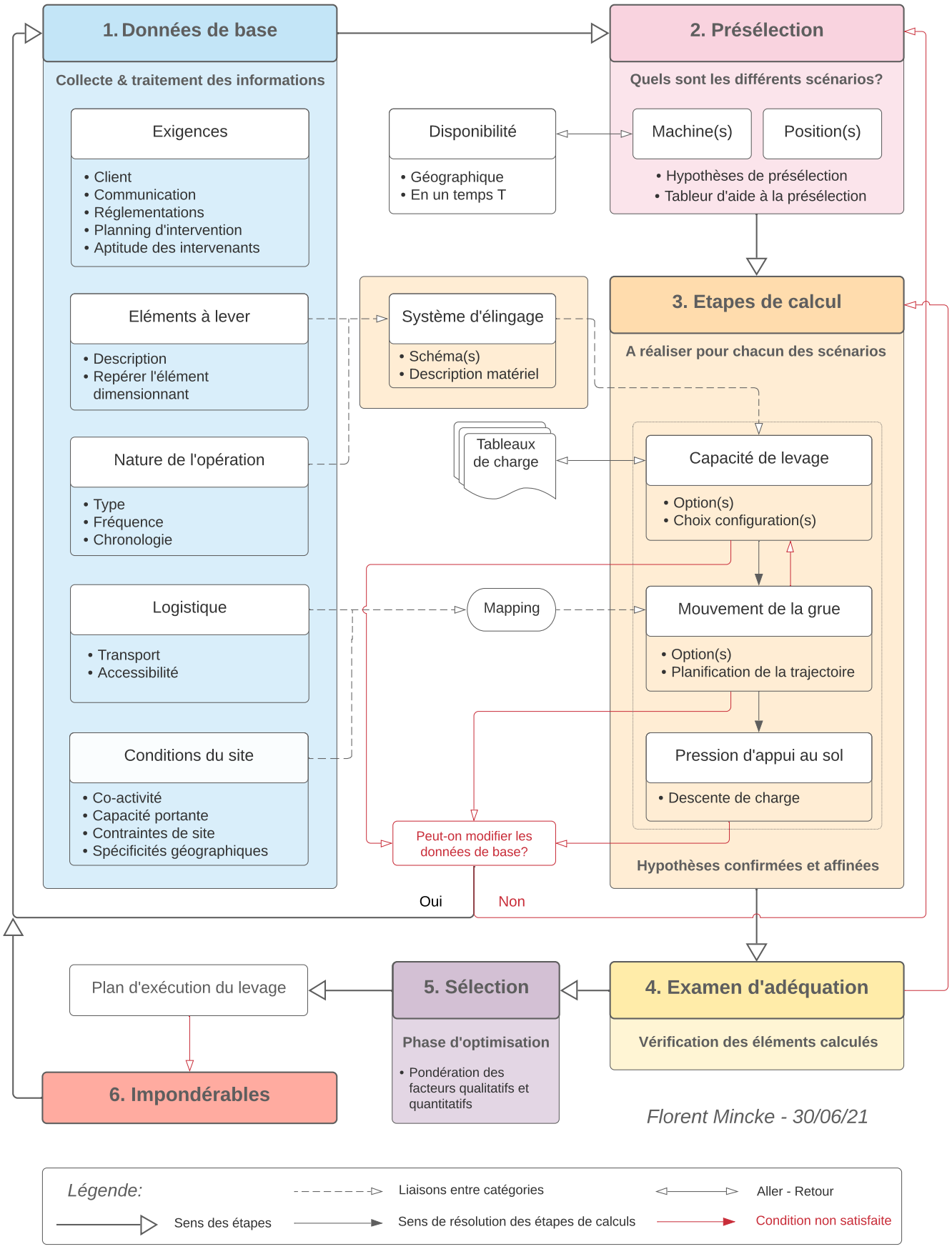
Figure 6 -Tableau de charge et diagramme …….....…….... p.75

Figure 7 - Exemple de plans de levage site 1……..…….……... p.76

Figure 8 - Élévation des différents éléments à lever …….……. p.77

Figure 9 - Montage flèche treillis ……...……...……. p.77

Processus de sélection d'une grue mobile



Description

• Projet:	Projet Eolien	Lieu:	Fauvillers
• Etude réalisée par:	Florent Mincke	Date:	23/03/21
• Vérifiée par:		Date:	dd-mm-yyyy

1. Données de base

1.1 Exigences

1.1.1	*Client*	
	• Précision • Desiderata	/

1.1.2	*Communication*	
	• Client • Interne • Externe	• Le chef de chantier (R. Servaye) a comme rôle de s'assurer que les informations nécessaires soient transmises aux différentes parties impliquées dans le levage.

1.1.3	*Règlementations*	
	• Rapport et restrictions imposés • Impacts sur le voisinage, sur la • Taux d'émission de CO2	• Démarches administratives conséquentes • Voisinage réticent à l'implantation de ce projet. • Les impacts environnementaux n'imposent pas de contrainte sur le levage. Note: Eneco réalise des mesures compensatoires dans les environs comme la création d'un parc qui favorise la biodiversité et le remaniement du paysage. /

1.1.4	*Planning d'intervention*	
	• Durée du temps de travail • Délai imparti entre choix & besoins sur chantier • Organisation du chantier & son évolution	/ • Chantier initié des années à l'avance (± 12ans) /

1.1.5	*Aptitude des différents intervenants*	
	• Pré-qualification (s/t appareil de levage, s/t fournisseur,…)	• Ces derniers ont été choisis au stade de l'appel d'offre → Dufour = Leader européen dans l'installation de parcs éoliens (Engineering, Méthodologie, Exécution (grutiers)) → Vestas = Entreprise danoise, fabricant d'éoliennes (Elingueurs) → Aertssen = Entreprise de travaux d'infrastructures, de levage ou de transport (Ici, pour le Transport & Logistique)

1.2 Elément(s) à lever

1.2.1 *Description*

Modèle de l'éolienne: Vestas V100

- Plans disponibles? ☐ Non ☑ Oui
- Fiches techniques disponibles? ☐ Non ☑ Oui



Figure 1. - Vestas V100 – 9 éléments

(Source : Mincke F., 2021)

Composée de 9 éléments

Il existe deux façons de lever les pales d'une éolienne.

- Soit on lève l'ensemble des 3 pales accrochées au HUB, soit on lève la nacelle et le HUB conjointement puis, on accroche les pales d'éolienne une à une.
- Dans ce cas d'étude, comme dans la situation observée *in situ*, le deuxième principe de montage « single blade » sera employé.

- 4 parties qui composent le mât respectivement dénomées:
  - Bottom
  - Middle 1
  - Middle 2
  - Top
- La nacelle
- Le HUB
- Les 3 pales d'éolienne

Éléments	Bottom	Middle 1	Middle 2	Top	**Nacelle + HUB**	**Pale**
Poids (t)	43	48	37	28	84	8,3
H (m)	14,86	24,36	26,88	27	4	/
⌀ down (m)	3,85	3,65	3,1	3,1	/	/
⌀ top (m)	3,65	3,1	3,1	2,3	/	/
Longueur (m)	/	/	/	/	15	50
Largeur max (m)	/	/	/	/	3,7	3,5
Niveau de pose (m)	0	15	40	67	94	95

Spécificités

- Le niveau de pose est ici estimé sur base de la superposition des différents éléments.
→ Il convient de préciser cette hypothèse pour les différents sites de levage.

- Pales
  - Fragile
  - Rapport poids/surface faible
  → Calcul pour la prise au vent
- Nacelle + HUB
  - Lourd
  → /!\ à l'inertie lors du levage

1.3 Nature de l'opération

1.3.1 *Type*

• Déplacement	• Les différents éléments à lever arrivent sur un semi-remorque par transport exceptionnel. Ils vont devoir être déchargés et stockés en attendant le levage.
• Retournement	• Pour les parties qui composent le mât de l'éolienne afin de passer de la position de stock (horizontale) à la position de pose (verticale).

1.3.2 *Fréquence*

• Ponctuel ou répétitif ?	• L'ensemble des opérations de levage pour une éolienne devra être reproduit en 5 lieux différents car il y a 5 éoliennes à monter.
• Continu ou interrompu ?	• Pour l'érection d'une éolienne, il y a aussi des opérations reproductibles en continu comme par exemple, le levage des trois pâles d'éolienne.

1.3.3 *Chronologie*

• Plusieurs opérations?	• Un grand nombre d'opérations de levage doit être réalisé afin d'assembler les différents éléments qui composent l'éolienne. • Le programme de levage est défini par l'ordre de superposition des éléments. 1. Bottom 2. Middle 1 3. Middle 2 4. Top 5. Nacelle + HUB 6. Pale 1 7. Pale 2 8. Pale 3
• Décomposition des opérations dans l'espace et dans le temps	• Pour chacun de ces éléments, il faut décomposer chaque étape entre leur position initiale et leur position finale.

1.4 Logistique

→ Mapping

1.4.1 *Transport*

• De la machine	☑ Route ☐ Voie ferrée ☐ Voie fluviale ☐ Autre	
• De la charge	☑ Route ☐ Voie ferrée ☐ Voie fluviale ☐ Autre	Catégorie de convoi exceptionnel: 3
• Trajet de la grue identique à celui de l'objet?	• Oui	

1.4.2 *Accessibilité*

• Identification de la/(des) voie(s) d'accès	• Les transporteurs arrivent depuis la nationale 4 et doivent ensuite emprunter des routes de campagne (chemins de terre pour la plupart). • Pour faciliter les déplacements entre les différents sites qui sont éloignés les uns des autres, la route parallèle à la nationale sera privatisée (démarches administratives et signalisation à prendre en compte).
• Etat du sol • Nature du sol	• Ces routes de campagnes qui desservent les différents sites sont des chemins de terre en mauvais état. Elles nécessitent un aménagement pour pouvoir accueillir les semi-remorques (agrandissement, équilibrage, et compression des terres).



(a) (b)

Figure 2 - (a) Accès au site de l'ET4 et (b) pente d'un site

(Source : Mincke F., 2021)

	Spécificités
	• Pour l'accès au site de l'ET4, des cadres de limitation de hauteur doivent être installés afin d'éviter que les engins de chantier ne touchent les câbles de lignes haute tension. (figure 3 (a))

1.5 Conditions de site	→ Mapping
A l'endroit du levage	

1.5.1	*Co-activité*	
	• Présence d'autres engins de chantier	• Des chariots télescopiques (Manitou) sont constamment en mouvement sur la plateforme pour déplacer des objets. Il faut prendre en considération cette co-activité ainsi que la présence ponctuelle de camions de logistique, de chariots élévateurs,…

1.5.2	*Contraintes de site*
	• Les emplacements des éoliennes ont été choisis en amont du projet. Ces derniers ont été choisis pour des raisons techniques mais également pour faciliter leur installation. Nous sommes dépourvus de contraintes de site (obstacles aériens, enterrés,…) sur les sites de levage. • Par contre, l'éolienne elle-même deviendra un obstacle au fur et à mesure du levage

1.5.3	*Spécificités géographiques*
	• L'inclinaison des terrains est de pente douce mais variable d'un site à l'autre. Le niveau de pose des éléments sera donc différent d'un site à l'autre car, en fonction de la pente du terrain, le niveau de la plateforme sera soit inférieur soit supérieur à celui de la base de l'éolienne. • A cause de ce dévers, il faudra veiller à descendre la flèche de grue dans le sens descendant de la pente du terrain et des mesures devront être prises afin d'assurer l'horizontalité pour le montage/démontage d'équipement comme le montrent les terre-pleins de la figure 3 (b).

1.5.4	*Capacité portante du sol*	
	• Nature du sol:	• Une plateforme est créée au pied des éoliennes afin d'augmenter la stabilité, pour avoir un sol plat et pour ne pas travailler sur des terrains boueux.

Mapping

Représentation & identification des spécificités du site

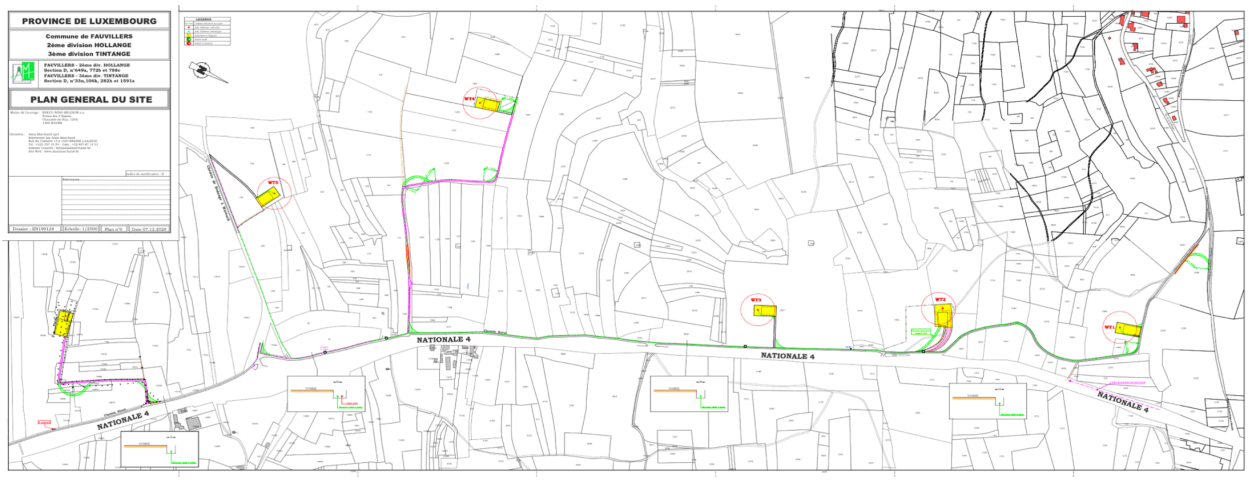


Figure 3 - Mapping

(Source : Eneco - Romuald Servaye)

Recueil photographique

Aide à la compréhension du travail

Commentaire(s) éventuel(s)

2. Présélection

Scénario

• Un grand nombre d'intervenants est impliqués. L'élaboration de scénario de levage plausible passe d'abord par l'établissement d'un planning.

• La stratégie client employée rejoint la méthode développée par Furusaka & Gray (1984) exposée dans la section 4.2 de l'état de l'art partie 2. (cf. mode opératoire ci-dessous)

• Cette solution consiste à d'abord employer une grue avec un coût de location moindre pour les premiers éléments à lever et d'ensuite la remplacer par une autre lorsqu'elle a atteint ses capacités maximales de levage.

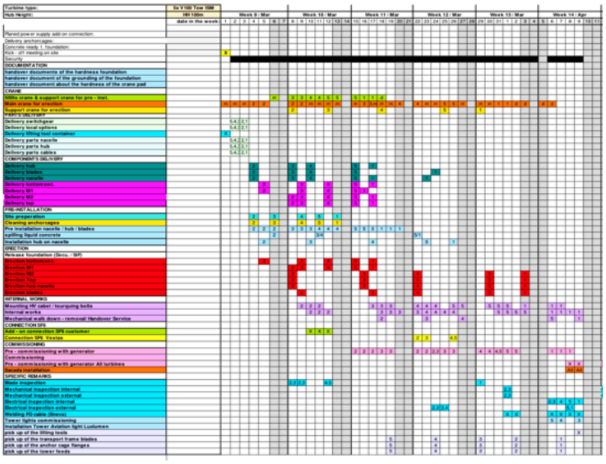


Figure 4 - Extrait du planning de levage

(Source : Geoffrey Andrieux de chez Dufour)

Constat

• La solution observée in situ « est déjà optimisée car elle résulte de stratégie client » Geoffrey Andrieux (cf entretien numéro 6).

• Il est donc difficile de dégager des scénarios et d'optimiser le choix de la grue pour ce cas d'étude.

• Les étapes 2 et 3 du logigramme proposé seront tout de même développées pour représenter le processus de sélection de la grue de grande capacité observée in situ.

2.1 Position(s)

Pour ce type de levage, le but est de travailler à portée minimale et donc, avec la flèche complètement relevée afin d'utiliser la capacité maximale de levage de la grue.

Hypothèses

• Hauteur du rotor	• Estimée à 100 mètres pour le cas le plus défavorable, à savoir le site pour lequel le niveau de la plateforme est inférieur à celui de la base de l'éolienne
• Portée	• Estimée à 20 mètres étant donné qu'une flèche principale peut avoir au minimum un angle de 5% par rapport à la verticale et que l'on doit utiliser une flèchette supplémentaire

2.2 Machine(s)

• Pour ce cas d'étude, le tableur de pré-sélection développé n'est pas applicable. En effet, ce dernier se base sur le tableau de chez Sarens qui n'intègre pas la hauteur du levage. Or, dans le levage éolien la hauteur du rotor est une donnée prépondérante.

• Pour effectuer la pré-sélection, il faut se tourner vers les fiches techniques des fabricants spécifiques au levage éolien. Il faut chercher des grues compatibles pour un levage éolien dont la hauteur de rotor est de 100 mètres et la charge de la nacelle avec le HUB est de plus ou moins 86 tonnes avec l'élingage.

Hauteur du rotor éolien	LTM 1350-6.1	LTM 1400-7.1	LTM 1450-8.1	LTM 1500-8.1	LTM 1750-9.1	LTM 11200-9.1
80 m	21,1 t	27,5 t	27,2 t	56 t	84,7 t	141 t
100 m	10,1 t	14,9 t	14,9 t	31 t	59,7 t	97 t
140 m	-	-		-	13,3 t	26,1 t

Hauteur du rotor éolien	LR 1350/1	LR 1500	LR 1600/2	LR 1600/2-W	LR 1750/2	LR 11000	LG 1750
80 m	83 t	104 t	137 t	132 t	150 t	179 t	150 t
100 m	-	82 t	118 t	106 t	140 t	179 t	144 t

Figure 5 - Présélection sur base d'une fiche technique

(Source : fiche technique "des grues pour l'énergie éolienne" Liebherr p.4 et p.5) (Modifiée par Mincke F., 2021)

Disponibilité

• La disponibilité est un facteur important pour les grues de grande capacité. Vu la faible disponibilité géographique, ces grues doivent être réservées longtemps à l'avance afin d'en disposer en temps voulu.

•Une grue SL3800 a été choisie pour effectuer le levage car elle fait partie du parc de grues de chez Dufour. Cette entreprise a été choisie par Eneco pour réaliser le travail de par sa réputation (leader européen dans l'installation de parcs éoliens cf. données de base).

3. Etapes de calcul

3.1 Système d'élingage

• Pour ce projet, des pièces d'élingage ont été spécialement conçues pour les différents éléments de l'éolienne. C'est la compagnie VESTA qui fournit les éléments de l'éolienne mais aussi les pièces d'élingage spécifiques.

3.2 Capacité de levage

• Pour sélectionner une configuration d'équipements de la grue, on cherche la configuration la plus « simple » qui répond aux exigences de l'élément dimensionnant. Le but est d'avoir le moins d'équipements auxiliaires pour effectuer le travail.

	Facteurs techniques	
• SL3800		
	• Charge nominale (t)	86
	• Portée maximale (m)	20
	• Hauteur min. tête de flèche (m)	110

	Configurations choisies	
• SL3800		
	• Nom	LH+LF_3
	• Type de flèche principale (m)	108
	• Type de flèchette (m)	12
	• Ballast (t)	206
	• Ballast supplémentaire entre les chenilles (t)	50
	• Angle de flèchette (°)	20
	• Mouflage	6 brins
	• % de la capacité	90%

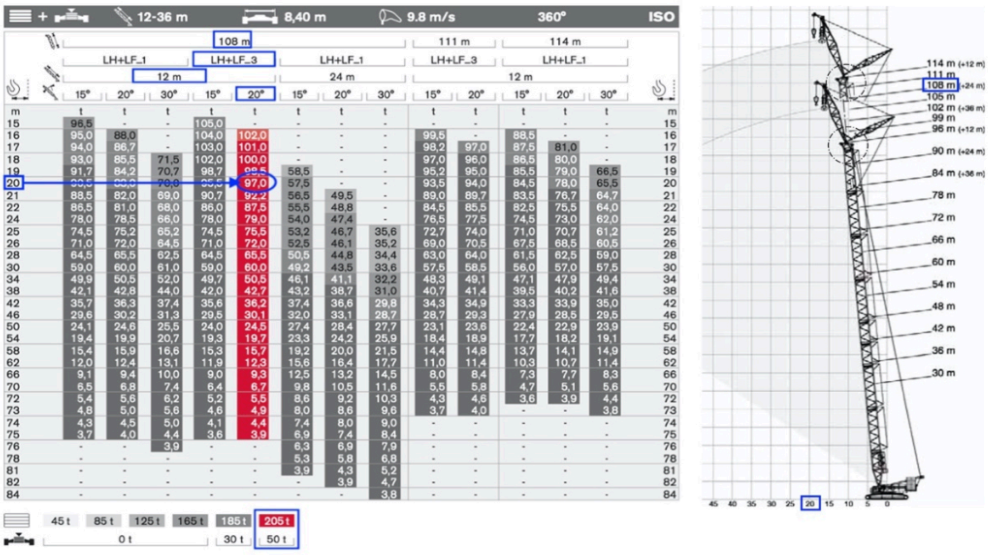


Figure 6 - Tableau de charge et diagramme

(Source : Fiche technique SL3800 p. 56 et p.42)

Influence du vent

• La grue ne doit pas être exposée à des vents excédant les limites fixées. Cette vitesse du vent admissible est indiquée dans les tableaux de charge mais une nouvelle vitesse de vent plus faible peut être attribuée pour le levage de certains éléments ayant une grande prise au vent. La formule ci- dessous donnée par la fiche technique de chez Liebherr sur « les influences du vent sur l'utilisation des grues » (p. 33) permet de vérifier si la vitesse du vent admissible se voit affecter d'un facteur de réduction.

$$V_{max} = V_{max_TAB} \cdot \sqrt{\frac{1{,}2\ ^{m^2}/_{t} \cdot m_H}{A_W}}$$

Charge	m_H	[t]
Surface de projection	A_p	[m^2]
Coefficient de résistance au vent	c_w	[/]
Surface de prise au vent	$A_w = A_p \cdot c_w$	[m^2]
Vitesse du vent admissible indiquée dans les tableaux de charge	V_{max_TAB}	[m/s]

• Les pales de l'éolienne, malgré leur faible rapport poids/surface, ont une surface de projection très faible car elles sont levées horizontalement.

• Le levage des pales ne se voit donc pas attribuer une vitesse de vent admissible plus faible que celle inscrite dans le tableau.

3.3 Mouvements

• Chacune des opérations de levage doit être représentée en plan et en élévation. Un zonage est réalisé afin de déterminer l'emplacement optimal des grues, de la zone de montage de la flèche ainsi que des zones de stock. Une zone de sécurité autour du lieu de levage doit également être établie. En effet, il faut éviter que des personnes non habilitées ne se trouvent dans la zone de levage. Sur les figures ci-dessous, on peut voir en (a) - (b) des opérations de déchargement avec les grues AC200, AC500 et en (c) - (d) des opérations de levage avec la SL3800.

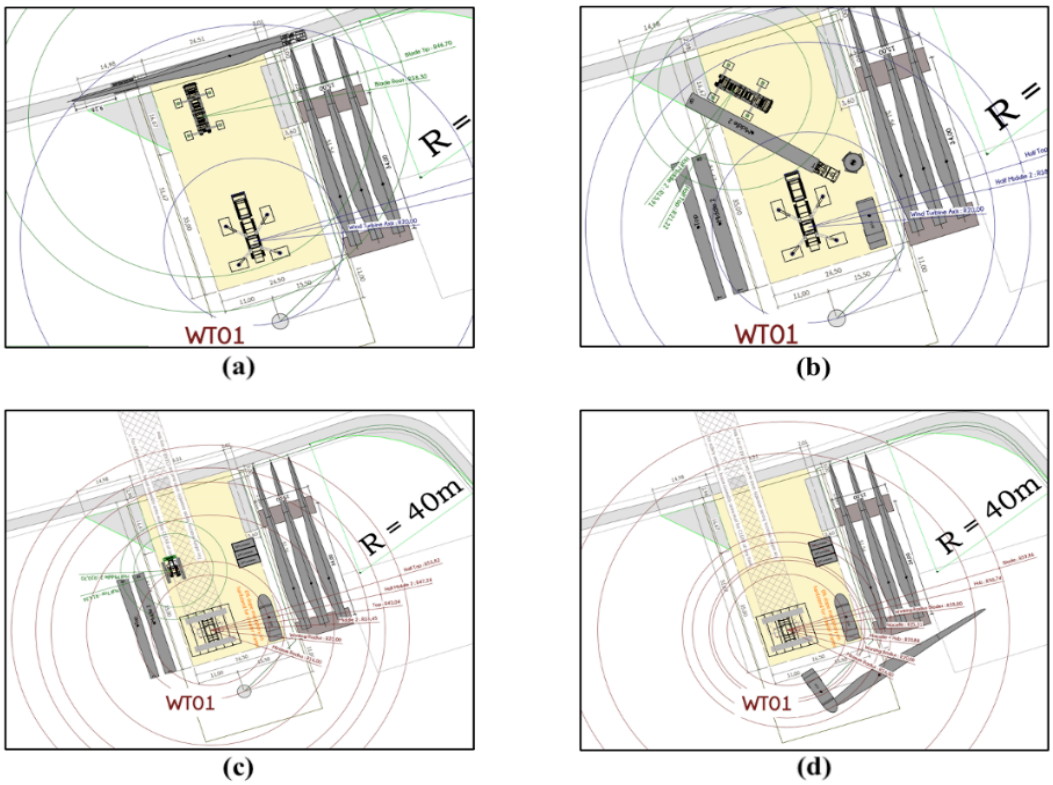


Figure 7 - Exemples de plans de levage site 1

(Source : Geoffrey Andrieux de chez Dufour) (Modifié par Mincke F., 2021)

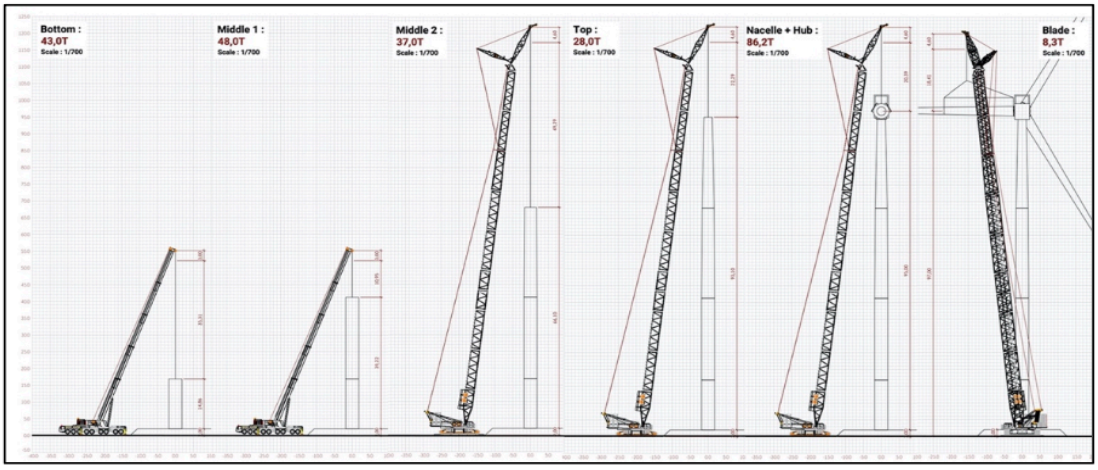


Figure 8 - Élévation des différents éléments à lever

(Source : Geoffrey Andrieux de chez Dufour) (Modifié par Mincke F., 2021)

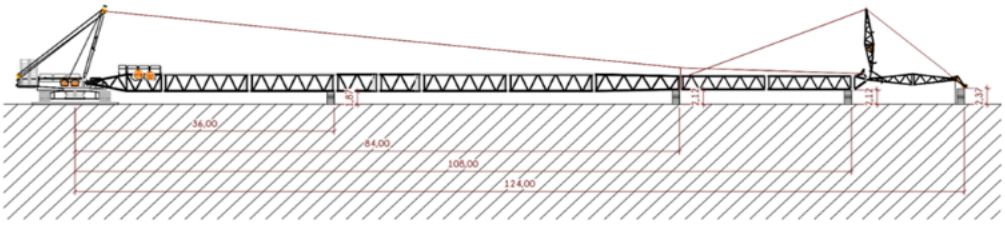


Figure 9 - Montage flèche treillis

(Source : Geoffrey Andrieux de chez Dufour) (Modifié par Mincke F., 2021)

Annexe 6 - Tableau Sarens et Macro du tableur d'aide à la présélection

Tableau Grues télescopiques mobiles Sarens Belgique

Catégories	40	50	70	90	100	120	140	160	200	250	350	400	500	700
Ballast "sur roues" (t)	3,8	7,5	10,7	11,5	13,6									
Max ballast (t)						35	30,8	46,8	72	97,5	140	140	165	160
Patin Longueur (m)	6,25	6,75	8	7,2	7,3	7,2	9,3	9,3	8,9	8,8	8,9	10	10	12,2
Patin Largeur (m)	5,95	6,4	6,3	7	7	7	8,3	8,3	8,3	8,5	8,5	9,5	9,6	12,3
Flèche principale Max (m)	37,4	40	50	52	58	52	66	66	72	72	70	60	50	60
Flèche treillis fixe/jib (m)						19				42	42	56	63	50
Volée variable (m)										56	78	84	91	96
Axe de rotation Ballast Y (m)	3,15	3,4	3,46	3,84	3,78	3,84	4,3	4,3	4,85	5,6	5,7	5,6	6,6	7,5

Portée (m)	Capacité de levage (t)													
5	20,4	31,6	35,5	56	52	65	73,3	79,4	108	136	148	216	268	375
6	18,7	25,5	30,5	45,5	44	55	63,9	70,9	95	123	146	194	238	330
7	14,2	19,6	25,9	37,5	37	47	56,6	63,3	85	112	121	176	213	294
8	12,6	16	22,1	31,5	31,5	41	50,1	55,5	76	101	109	158	193	264
9	10,4	13,3	19,2	26,1	26,9	36	44	48,5	69	91	99	141	176	236
10	8,5	11,5	16,3	22,4	23,3	31,5	38,7	42,6	63	83	90,9	126	161	212
12	5,9	8,7	12,1	16,5	18,1	25,3	31,6	34,7	53	69	77,4	104	133	172
14	4,5	6,8	9,5	13,2	14,1	20,8	26,1	29,5	44,5	58	66,8	91	113	146
16	3,3	5,5	7,8	10,8	11,3	17,4	22	25,1	38,5	49,5	59,6	79	103	126
18	2,6	4,5	6,5	8,9	9,6	14,7	18,8	21,6	33	43	52,7	70	93	109
20	2	3,7	5,5	7,4	8	12,7	16,1	18,8	29,2	38	47	63	84	98,5
22	1,5	3,1	4,7	6,3	6,9	11,1	14,2	16,5	26,1	33,5	43,2	56	77	86
24	1,2	2,6	4	5,4	6,1	9,7	12,5	14,7	23,2	30	40,5	50	70	79
26	1	2,2	3,5	4,6	5,3	8,5	11,2	12,9	20,7	27,6	36,8	50	64	72
28	0,9	1,8	2,9	4	4,7	7,7	9,9	12	18,6	24,9	33,2	46	59	65,5
30	0,7	1,1	2,5	3,3	4,2	6,9	8,9	10,8	16,7	22,6	31,9	38,5	54	60
32		0,8	1,9	2,7	3,5	6,1	7,8	9,7	15,2	20,6	29,3	35,5	51	55
34			1,6	2,3	3,1	5,4	7,1	8,8	13,2	18,8	26,4	33	4	51
36			1,3	1,7	2,6	4,7	6,2	7,6	12,1	17,3	25,8	30,5	44	48
38			0,9	1,3	2,3	4,3	5,6	7,2	11,5	16,2	24,1	28,4	41,5	44,5
40					1,8	3,7	5	6,2	10,6	15,4	21,9	26,7	38,5	41,5
42					1,5	3,4	4,4	5,6	8,3		19,8	24,8	36,5	38,5
44					1,1	2,8	4	5,1	8	10,6	19,3	23,4	34	36
46					0,9	2,5	3,2	4,6	7,4		18,3	22,1	31,5	34
48						2,2	2,8	4,2	5,8	9,8	16,7	20,4	30	31,5
50						2,7	2,2	3,7	4,9		15,3	19,3	28,1	29,8
52						2,4	1,8	3,4	4,7	7,4	14,2	18,3	27,5	26,5
54						2,2	1,5	3,1	4,2		13,8	17,3	25,8	23,1
56						2	1,3	2,9	4	6,1	13,5	16,2	23,5	
58						1,6	1	2,3	3,9		12,9	15,4	22,9	29,3
60						1,4		2	3,5	4,3	11,7	14,7	21,9	
62						1		1,7	3,3		10,9	13,5	20,5	25,9
64						0,8			1,8	3,4	10,4	12,8	19,5	
66									1,6		9,3	12,2	18,2	23,8
68										2,8	8,8	11,1	17,5	
70											8,3	10,5	16,8	22
72										2,3	7,4	10,2	15,6	
74											7	9,3	15	19,7
76										1,9	6,6	8,8	14,4	
78											5,5	8,3	13,4	17,3
80										1,4	5,4	7,7	12,8	
82											5	7	12,3	15,6
84										1,2	4,2	6,6	11,8	
86										1	4,1	6,3	9,7	13,9
88											3,7	5,4	9,3	
90											2,9	4,5	9,1	11,7
92											2,7	4	8,8	
94											2,2	3,6	8,1	9,7
96											2	3,5	8	
98												1,6	7,7	8,8
100												1,5	6,4	
102													4,5	8,3
104													5,1	
106													3,8	4,7

Commentaires

Valeurs indicatives de la capacité de levage sur base:
- du ballast repris en tête du tableau
- de la longueur de la flèche principale la + forte
- de la largeur max. des patins

- Les longueurs des patins sont comptées à partir du centre de la grue jusqu'au centre du patin.
- Pour déterminer l'encombrement il faut ajouter la largeur des plaques de répartition.

- Avec une fléchette treillis fixe ou une volée variable
- Equipement qui doit être transporté et monté séparément
- Uniquement sur 0°
- Avec extra support

Macro du tableur d'aide à la pré-sélection

Ci-dessous, le détail de la macro développée pour le tableur d'aide à la pré-sélection avec en vert des commentaires.

- **Feuille - Tableur**

```
' Lancement de la macro dans la feuille Tableur
Private Sub Worksheet_Change(ByVal Target As Range)
Dim KeyCells As Range
Set KeyCells = Range("B1:B2")
If Not Application.Intersect(KeyCells, Range(Target.Address)) Is Nothing Then
   Call Macro_Tableur
End If
End Sub
```

- **Module 1**

```
Option Base 1
_____
Sub Macro_Tableur()
Application.ScreenUpdating = False

' Définition des variables (paramètre numérique, texte,…)
Dim NomCadre As String, Shape As Shape, Portee_Selected As Double, Poids_Selected As Double, Type_info_Selected As String,
Feuille_Active As String, cpt As Integer
Dim TABLEAU_SOURCE() As Variant, Range_Source As Range, MAX_RGB As Integer, NBR_RGB As Integer
' Input
Portee_Selected = Cells(1, 2).Value
Charge_Selected = Cells(2, 2).Value
Charge_Selected = Charge_Selected * 1.1
Cells(3, 2).Value = Charge_Selected
' Onglets
Feuille_Active = ActiveSheet.Name
Worksheets("Sarens").Select
' Données de la feuille Sarens
Set Range_Source = ThisWorkbook.Sheets("Sarens").Range("B4:P71")
' Traiter sous forme de tableau
TABLEAU_SOURCE = Range_Source.Value
' Retour feuille
Worksheets(Feuille_Active).Select
Range(Cells(4, 2), Cells(13, 2)) = ""
Range(Cells(4, 2), Cells(13, 2)).Select
' Info ligne >> Portee = trouver la ligne (boucle pour parcourir le tableau)
For cpt = 1 To UBound(TABLEAU_SOURCE)
   If Portee_Selected = TABLEAU_SOURCE(cpt, 1) Then
      Ligne = cpt
   End If
Next
' Info Colonne >> Boucle à double condition = trouver la charge admissible supérieur à la charge à lever
cpt = 2
Do While TABLEAU_SOURCE(Ligne, cpt) < Charge_Selected And cpt < 15
   Colonne = cpt
   cpt = cpt + 1
Loop
' Recopier les valeurs dans la feuille Tableur
Colonne = cpt
Cells(4, 2).Value = TABLEAU_SOURCE(1, Colonne)
Cells(6, 2).Value = TABLEAU_SOURCE(3, Colonne)
Cells(7, 2).Value = TABLEAU_SOURCE(4, Colonne)
Cells(8, 2).Value = TABLEAU_SOURCE(5, Colonne)
Cells(9, 2).Value = TABLEAU_SOURCE(6, Colonne)
Cells(10, 2).Value = TABLEAU_SOURCE(7, Colonne)
Cells(11, 2).Value = TABLEAU_SOURCE(8, Colonne)
Cells(12, 2).Value = TABLEAU_SOURCE(9, Colonne)
Cells(13, 2).Value = TABLEAU_SOURCE(10, Colonne)
Worksheets(Feuille_Active).Select
Cells(2, 2).Select

Application.ScreenUpdating = True
End Sub
```

Annexe 7 - Résultat de l'enquête



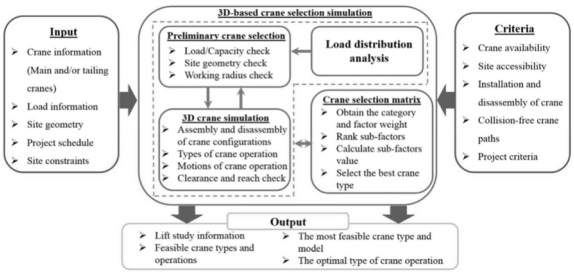
Sommaire

- ❑ Introduction
- ❑ Échantillon de l'enquête
- ❑ Approche globale
- ❑ Approche spécifique: le processus de sélection
- ❑ Logigramme
- ❑ Discussion

2

Introduction

- Problématiques
  - pluralité & interdépendance des paramètres
  - diversité des méthodes
- Principaux challenges
  - formaliser les étapes
  - optimiser le processus de sélection
  - élaborer une méthode systématique
- Moyens employés
  - lecture d'articles scientifiques
  - observations sur le terrain
  - enquête transmise à des experts en levage
  - analyse de cas d'étude



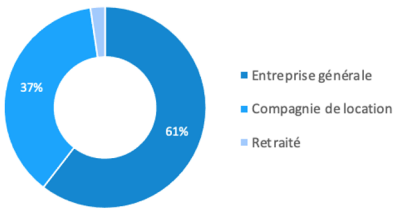
An integrated decision support model for selection the most feasible crane at heavy construction sites.
Han, S.; Hasan, S.; Bouferguene, A.; Al-Hussein, M.; Kosa, J. (2018).
Automation in Construction, **87**, 188-200.

Comment optimiser le choix d'une grue mobile
via une représentation **détaillée** du processus de sélection?

Comment **optimiser** le choix d'une grue mobile
via une représentation détaillée du **processus de sélection**?

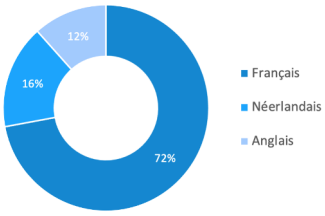
Échantillon de l'enquête

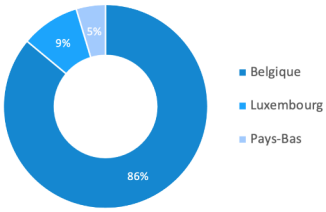
- Durée d'ouverture du questionnaire: 2 mois
  - 02/03/2021 - première participation
  - 22/04/2021 - dernière participation
- 43 participations à l'enquête
  - taux de réponses 25-30%
  - 23 entreprises différentes

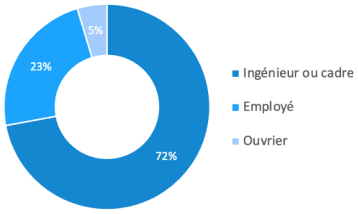


1. Profil des personnes

- Choix de la langue
- Pays de résidence
- Catégorie socio-professionnelle



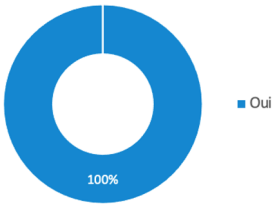


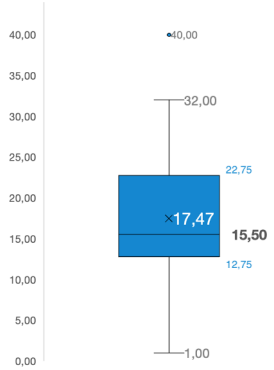


9

1. Profil des personnes

- **Années d'expérience** dans le domaine du levage
  valeur médiane → 15,5 ans
- Est-il nécessaire d'avoir de l'expérience afin d'évaluer correctement chaque situation et de choisir la grue la plus adaptée?

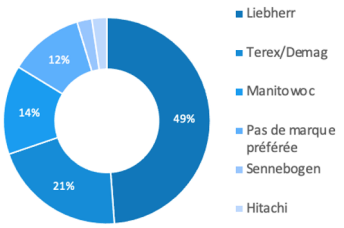


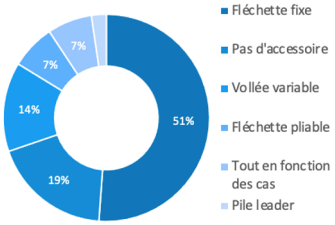


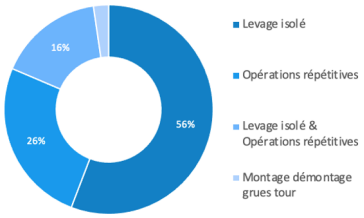
10

2. *Profil des grues & des équipements*

- Marque
- Modèle
- Nature de l'opération





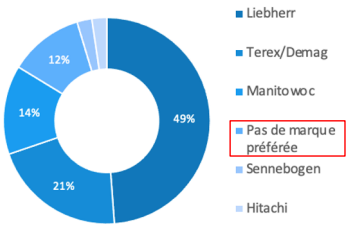


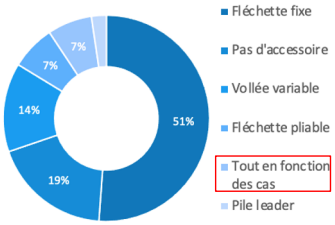
11

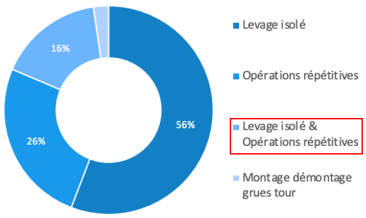
Introduction | **Échantillon** | Approche globale | Approche spécifique | Logigramme | Discussion

2. *Profil des grues & des équipements*

- Marque
- Modèle
- Nature de l'opération







12

Approche globale

13

1. ***Définition***
2. ***Estimation du temps***
3. ***Plan de levage***
4. ***Outils***
5. ***Impondérables***

14

1. Définition

- Quelles approches correspondent le mieux au **processus de sélection** d'une grue?

Une présélection rapide suivie d'une analyse spécifique.

Il n'y a pas de méthode spécifique car il n'existe pas de liste exhaustive de critères ni d'ordre de résolution du problème
(chaque critère et chaque condition étant spécifiques au projet).

Une gestion de données au sein desquelles des facteurs prépondérants peuvent être mis en évidence.

Une méthode basée sur l'expérience transmise par un formateur.

Une approche globale qui s'affine au fur et à mesure.

Un système de composition par hypothèses.

Une gestion de données dont les facteurs sont traités de façon égale.

15

1. Définition

- Quelles approches correspondent le mieux au **processus de sélection** d'une grue?

Une **présélection rapide** suivie d'une analyse spécifique.	**70 %**
Il n'y a pas de méthode spécifique car il n'existe pas de liste exhaustive de critères ni d'ordre de résolution du problème (chaque critère et chaque condition étant spécifiques au projet).	30 %
Une gestion de données au sein desquelles des **facteurs prépondérants** peuvent être mis en évidence.	26 %
Une méthode basée sur l'expérience transmise par un formateur.	19 %
Une approche globale qui s'affine au fur et à mesure.	19 %
Un système de composition par hypothèses.	7 %
Une gestion de données dont les facteurs sont traités de façon égale.	5 %

16

1. Définition

- Quels sont les critères permettant d'évaluer **la criticité** d'un levage?

La réserve de capacité de la grue

La charge est levée à proximité de lignes électriques aériennes

La charge est levée à proximité de bâtiments occupés ou au-dessus de zone piétonne

La charge est levée au-dessus d'équipements en service

Au moins deux appareils de levage sont nécessaires pour effectuer le levage

La charge a une grande surface et un faible poids

Absence de contact visuel entre le conducteur de l'engin et le chef de manoeuvre

La charge est levée à xx mètres au-dessus du sol

Présence de co-activité

17

Introduction | Échantillon | **Approche globale** | Approche spécifique | Logigramme | Discussion

1. Définition

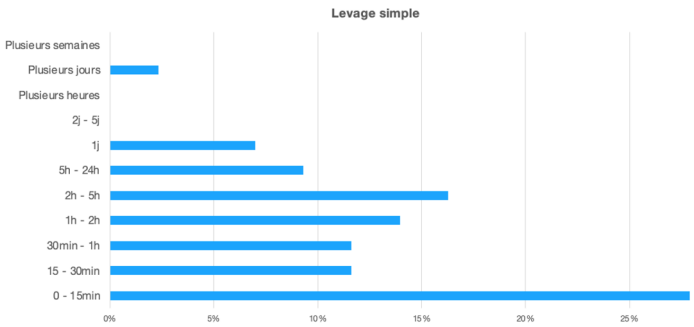
- Quels sont les critères permettant d'évaluer **la criticité** d'un levage?

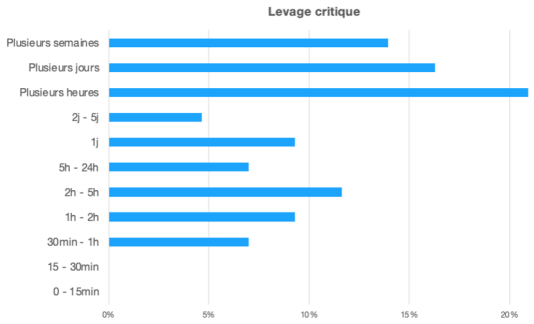
1	La **réserve de capacité** de la grue	**47%**
2	La charge est levée **à proximité de lignes électriques** aériennes	47%
3	La charge est levée **à proximité de bâtiments occupés** ou au-dessus de zone piétonne	35%
4	La charge est levée au-dessus d'équipements en service	28%
5	Au moins deux appareils de levage sont nécessaires pour effectuer le levage	28%
6	La charge a une grande surface et un faible poids	30%
7	Absence de contact visuel entre le conducteur de l'engin et le chef de manoeuvre	33%
8	La charge est levée à xx mètres au-dessus du sol	30%
9	Présence de co-activité	30%

18

2. *Estimation du temps*

- Fonction de la **complexité** du levage

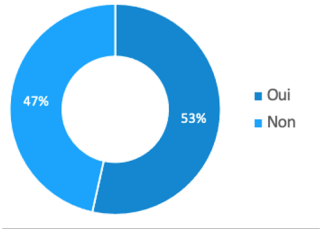




19

3. *Plan de levage*

- Réalisez-vous **toujours** un plan de levage?



20

3. Plan de levage

- Ordre d'importance des informations figurant sur le plan de levage

Schéma d'implantation

Caractéristiques du levage

Schéma d'élingage

Caractéristiques de la grue

Mode opératoire

Evaluation de la criticité

3. Plan de levage

- Ordre d'importance des informations figurant sur le plan de levage

1	**Schéma d'implantation**	**44 %**
2	Caractéristiques du levage	40 %
3	Schéma d'élingage	33 %
4	Caractéristiques de la grue	23 %
5	Mode opératoire	37 %
6	Evaluation de la criticité	40 %

4. Outils

- Quels **outils** utilisez-vous pour la sélection d'une grue?

Les tableaux de capacité de levage fournis par les fabricants de grue

Des fiches techniques

Un logiciel de simulation 3D

Un logiciel de calculs

Une représentation 2D
(Autocad ou un bon vieux compas et un plan)

4. Outils

- Quels **outils** utilisez-vous pour la sélection d'une grue?

Les **tableaux de capacité** de levage fournis par les fabricants de grue	**81 %**
Des fiches techniques	70 %
Un logiciel de simulation 3D	35 %
Un logiciel de calculs	16 %
Une représentation 2D (Autocad ou un bon vieux compas et un plan)	14 %

5. Impondérables

- Quels sont les impondérables **in-situ** que vous rencontrez le plus souvent?

Météo (vent; orage)

Manque d'espace disponible

Problème de stabilité

Problème de gabarit (nécessitant une grue de plus grande capacité)

25

Introduction | Échantillon | **Approche globale** | Approche spécifique | Logigramme | Discussion

5. Impondérables

- Quels sont les impondérables **in-situ** que vous rencontrez le plus souvent?

1	Météo (vent; orage)	**58%**
2	Manque d'espace disponible	42%
3	Problème de stabilité	35%
4	Problème de gabarit (nécessitant une grue de plus grande capacité)	42%

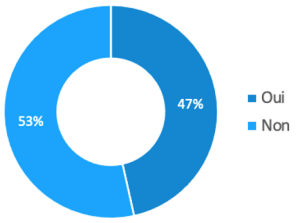
26

Approche spécifique

1. ***Récolte des données de base***
2. ***Traitement des données de base***
3. ***Présélection***
4. ***Phase de calcul***
5. ***Itération & vérification***
6. ***Choix***
7. ***Processus de sélection***

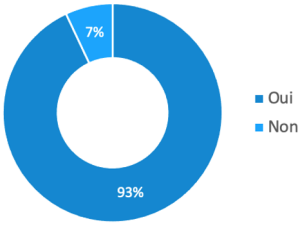
1. *Récolte des données de base*

- Organisez-vous systématiquement une visite de site avant la sélection de la grue?



- **Catégorie de facteurs**:
  - Facteurs techniques dimensionnants
    - la + grande portée
    - la + grande hauteur
    - la charge nominale
  - Conditions du site
    - dégagement disponible pour la grue et les équipements
    - caractéristiques du sol
  - Description de l'objet à lever

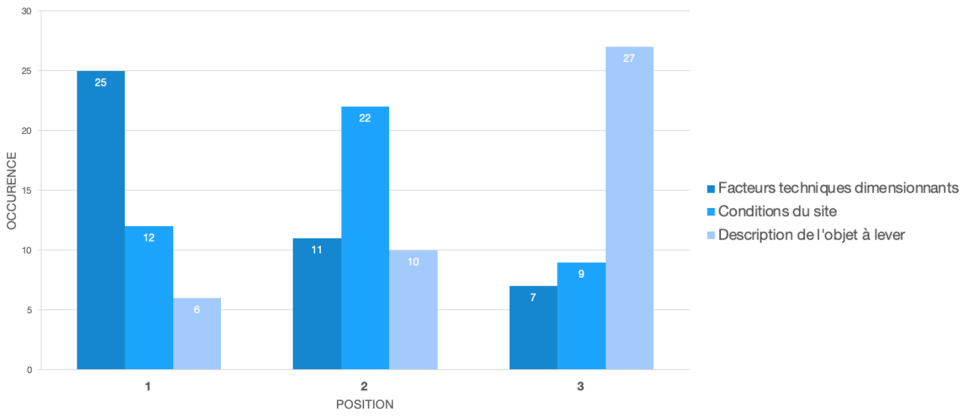
- Pensez-vous que les catégories sont pertinentes?



29

1. *Récolte des données de base*

- Dans quel ordre traitez-vous ces **catégories de facteurs**?



30

1. *Récolte des données de base*

- Séquence

Facteurs techniques dimensionnants	**1**	2	1	3	2	3
Conditions du site	**2**	1	3	2	3	2
Description de l'objet à lever	**3**	3	2	1	1	1
	44%	19%	14%	9%	7%	7%

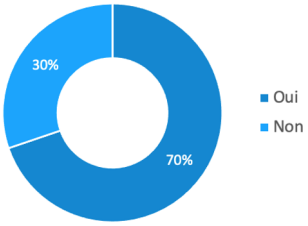
31

1. *Récolte des données de base*

- Séquence

Facteurs techniques dimensionnants	**1**	2	1	3	2	3
Conditions du site	**2**	1	3	2	3	2
Description de l'objet à lever	**3**	3	2	1	1	1
	44%	19%	14%	9%	7%	7%

- Avez-vous su facilement accorder un ordre d'importance aux différentes catégories?



32

2. *Traitements des données de base*

- Concernant **les conditions de site,** dans quel ordre considérez-vous les facteurs?

Accès au chantier

Nature du terrain (goudron, remblai, béton,… & présence de pente)

Visibilité des opérations

Présence d'autres appareils de levage

Obstacles aériens

Ouvrages enterrés

Co-activité (travaux, routes voiries piétonnes, bâtiments habités)

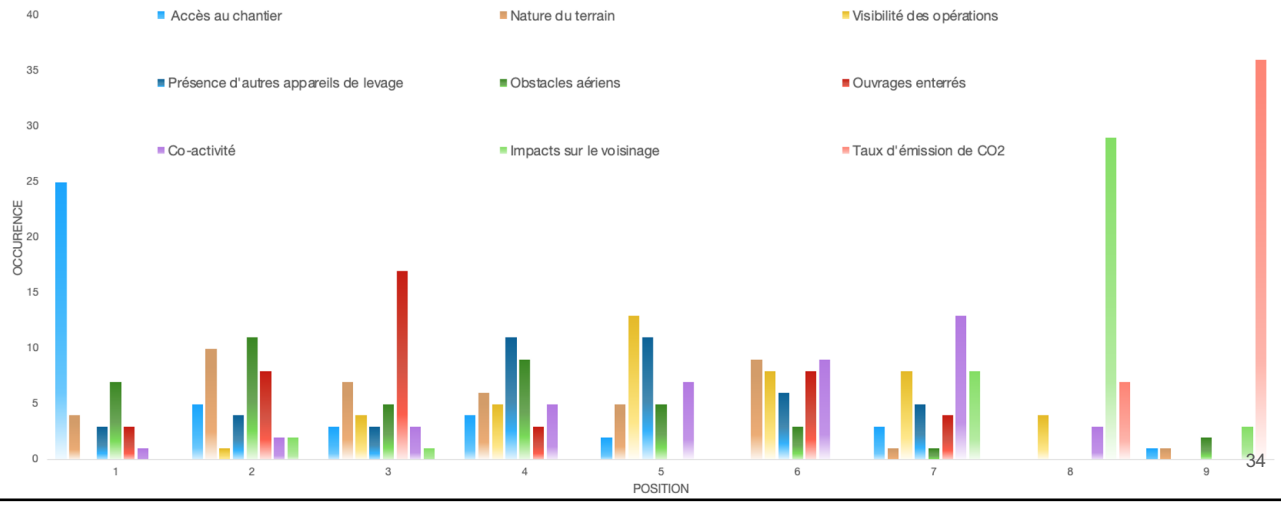
Impacts sur le voisinage (bruit,…)

Taux d'émission de CO2

Introduction | Échantillon | Approche globale | **Approche spécifique** | Logigramme | Discussion

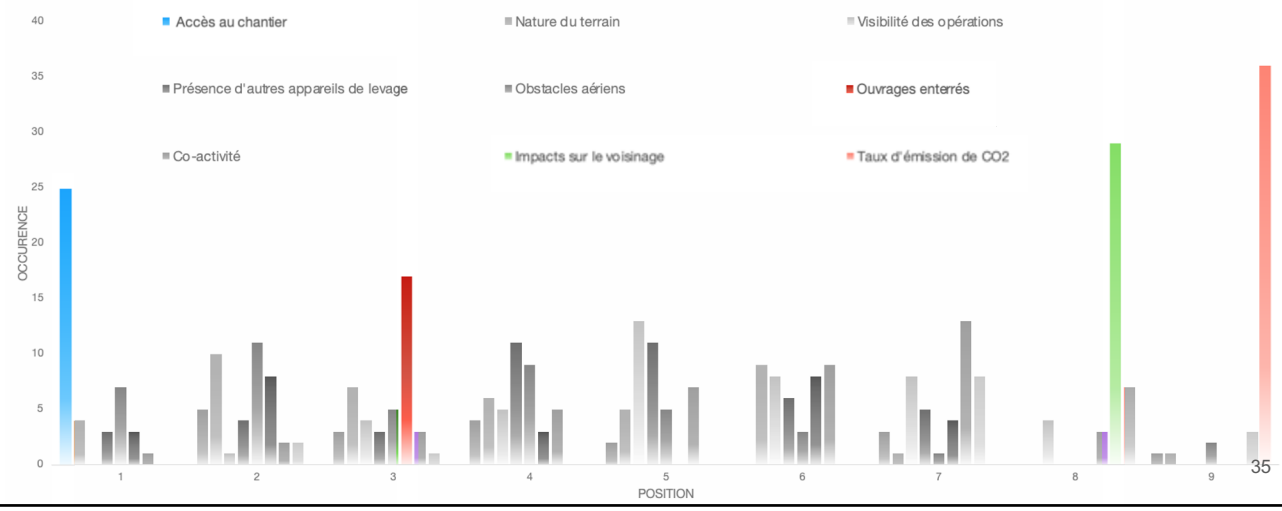
2. *Traitements des données de base*

- Concernant **les conditions de site,** dans quel ordre considérez-vous les facteurs?



2. *Traitements des données de base*

- Concernant **les conditions de site,** dans quel ordre considérez-vous les facteurs?

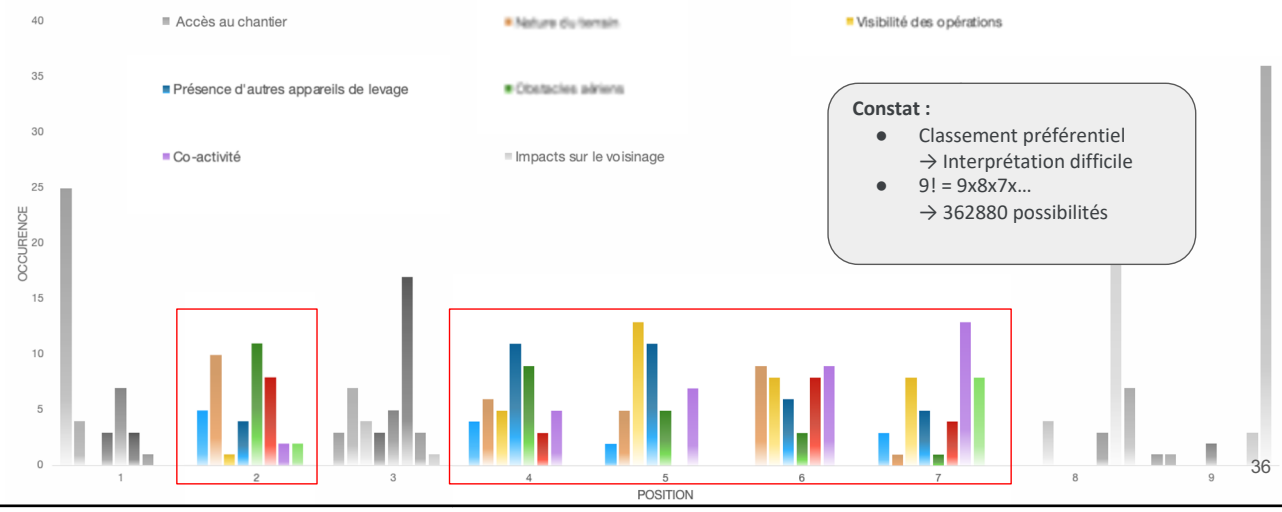


35

Introduction | Échantillon | Approche globale | **Approche spécifique** | Logigramme | Discussion

2. *Traitements des données de base*

- Concernant **les conditions de site,** dans quel ordre considérez-vous les facteurs?



Constat :

- Classement préférentiel
  → Interprétation difficile
- 9! = 9x8x7x…
  → 362880 possibilités

36

2. Traitements des données de base

- Concernant **la description de l'objet,** dans quel ordre considérez-vous les facteurs?

Dimensions de la charge

Nature de la charge

Niveau de pose

Poids de la charge

Position de la charge

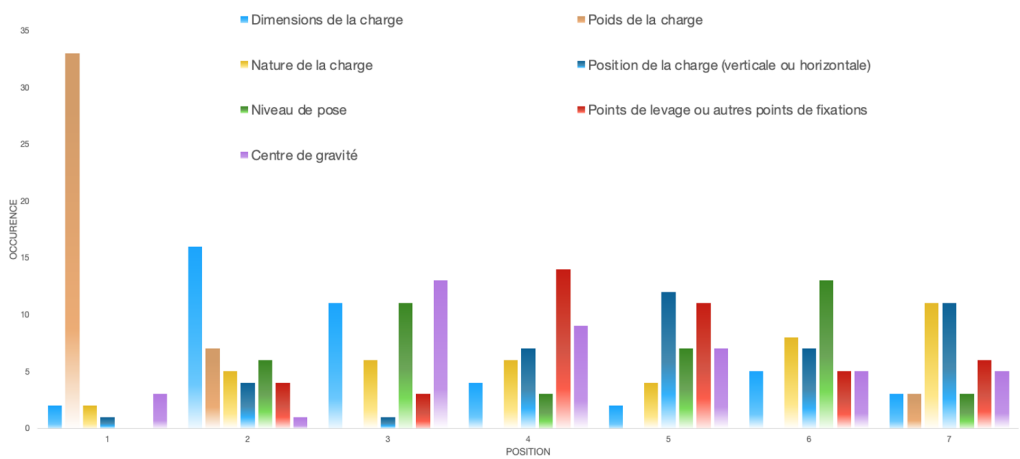
Points de levage ou autres points de fixations

Centre de gravité

37

2. Traitements des données de base

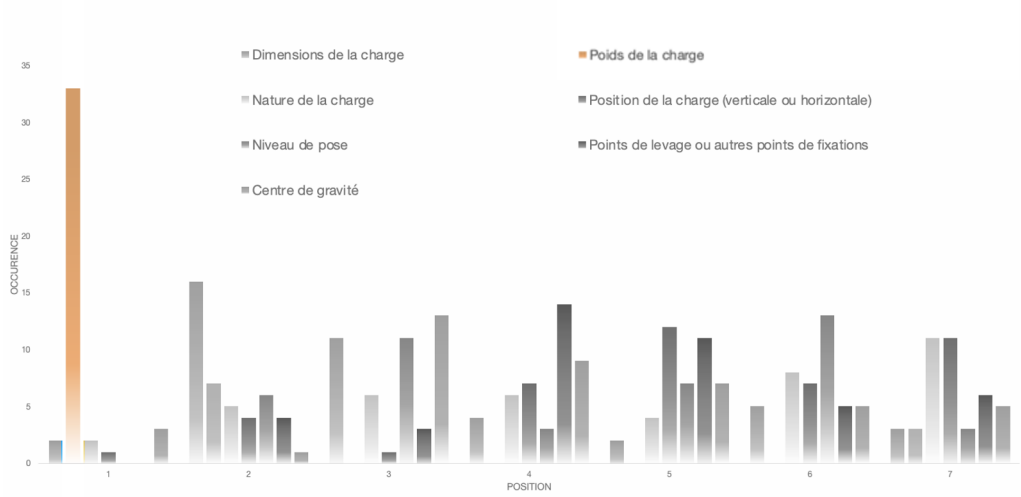
- Concernant **la description de l'objet,** dans quel ordre considérez-vous les facteurs?



38

2. *Traitements des données de base*

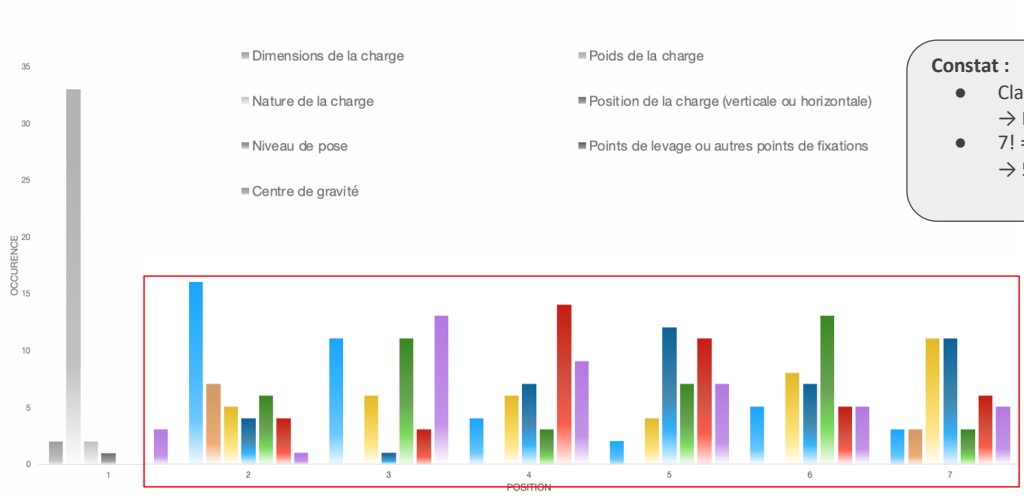
- Concernant **la description de l'objet,** dans quel ordre considérez-vous les facteurs?



39

2. *Traitements des données de base*

- Concernant **la description de l'objet,** dans quel ordre considérez-vous les facteurs?



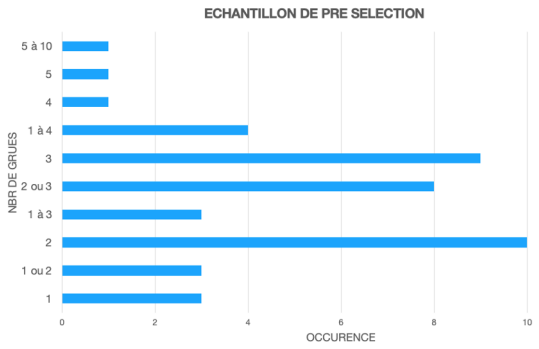
Constat :

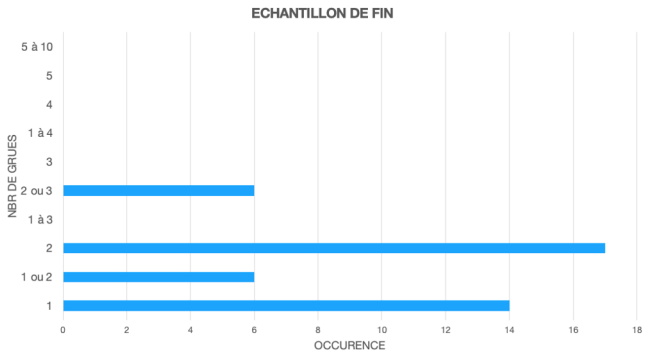
- Classement préférentiel
  → Interprétation difficile
- 7! = 7x6x5x...
  → 5040 possibilités

40

3. *Présélection*

- Différence entre le nombre de configuration de grue avant et après la phase de calcul



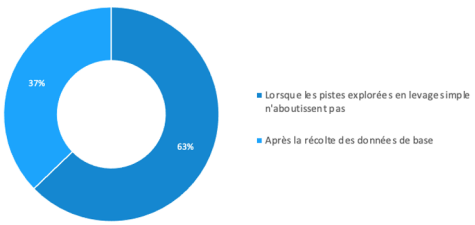


41

Introduction | Échantillon | Approche globale | **Approche spécifique** | Logigramme | Discussion

3. *Présélection*

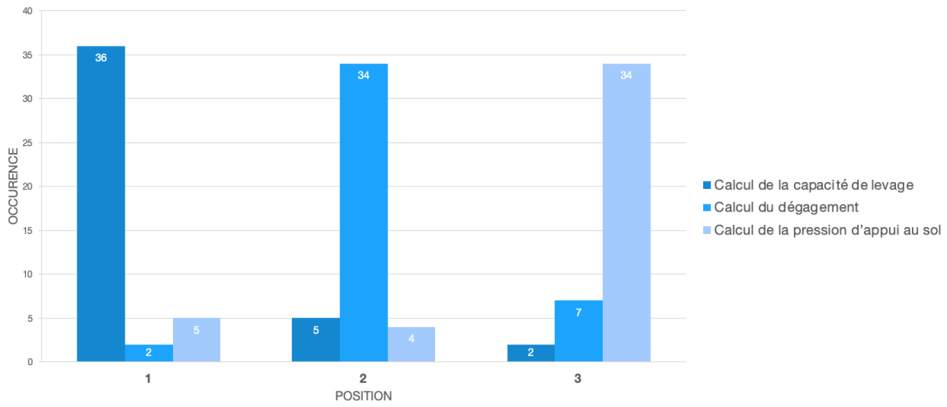
- A quel moment émettez-vous l'hypothèse de réaliser un **levage en tandem**?



42

4. Phase de calcul

- Concernant **les étapes de calculs,** dans quel ordre effectuez-vous ces trois étapes?



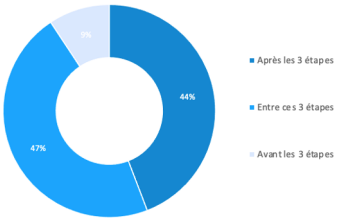
4. Phase de calcul

- Séquence

Calcul de la capacité de levage	**1**	1	2	2	3	3
Calcul du dégagement	**2**	3	3	1	2	1
Calcul de la pression d'appui au sol	**3**	2	1	3	1	2
	74%	9%	7%	5%	5%	0%

4. Phase de calcul

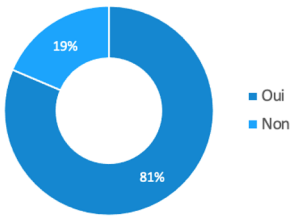
- A quel moment élaborez-vous le **système d'élingage** par rapport aux 3 grandes étapes de calcul?



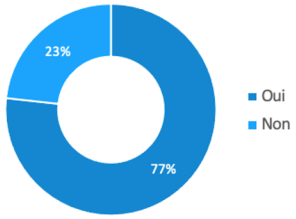
45

5. Itération & vérification

- Considérez-vous le processus de sélection d'une grue comme un **processus itératif**?



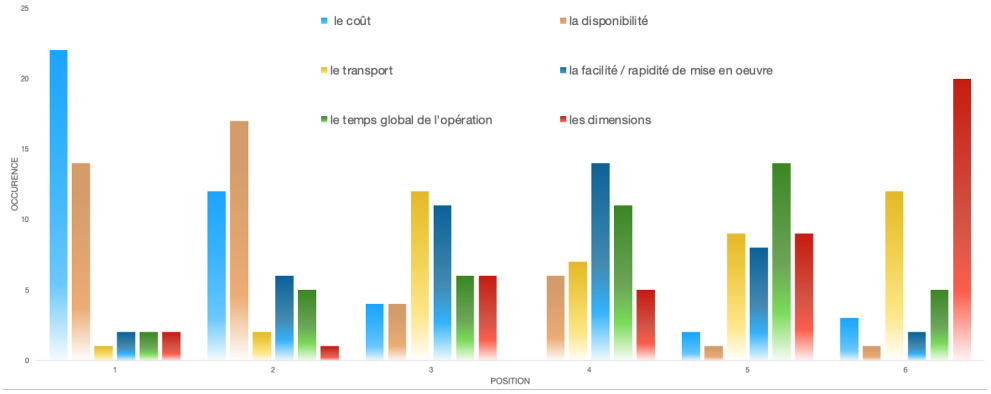
- Réalisez-vous une **vérification** des données de calculées?



46

6. Choix

- **Lorsque plusieurs grues sont compatibles au projet**, dans quel ordre classez-vous les critères suivants qui mènent au choix final?

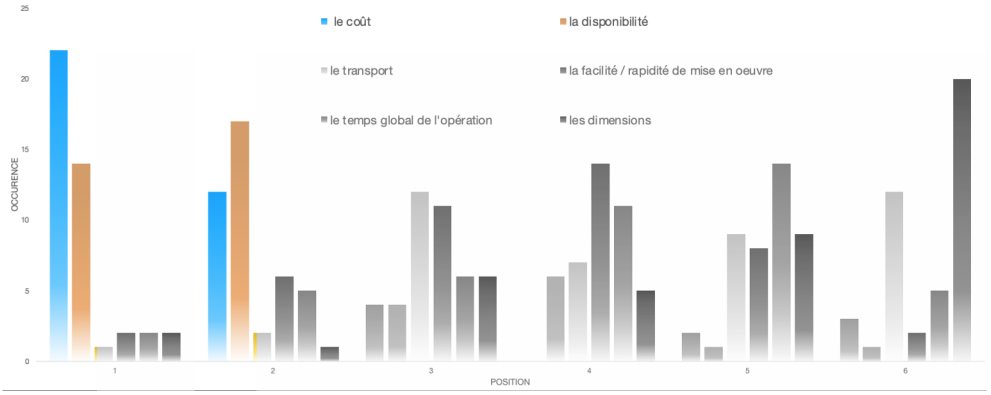


47

Introduction | Échantillon | Approche globale | **Approche spécifique** | Logigramme | Discussion

6. Choix

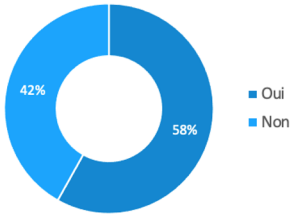
- **Lorsque plusieurs grues sont compatibles au projet**, dans quel ordre classez-vous les critères suivants qui mènent au choix final?



48

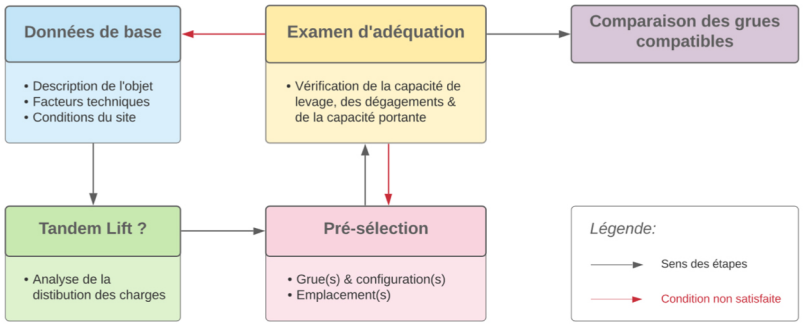
7. Processus de sélection

- Avez-vous une méthode systématique pour sélectionner une grue?



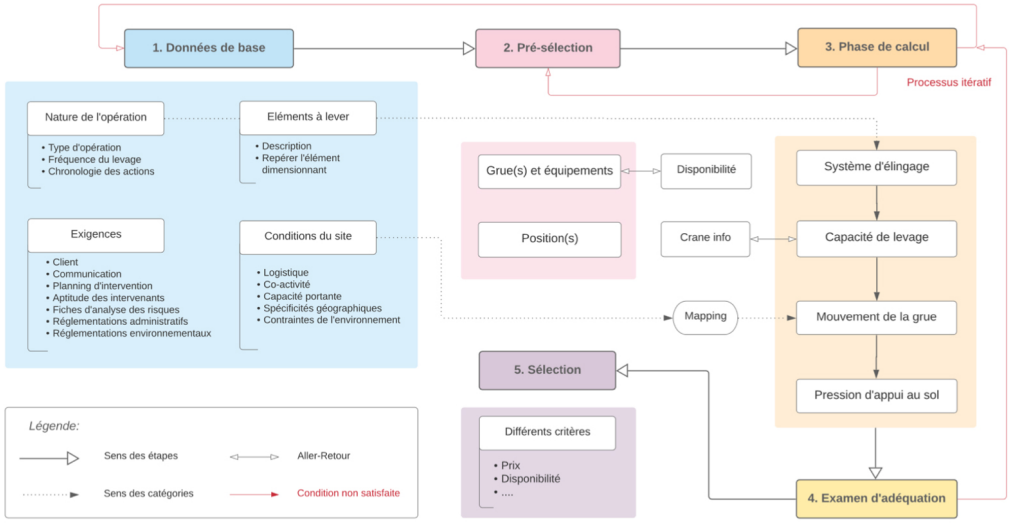
Logigramme

1. *Logigramme V1 - 04/01/21*



51

2. *Logigramme V2 - 18/05/21*

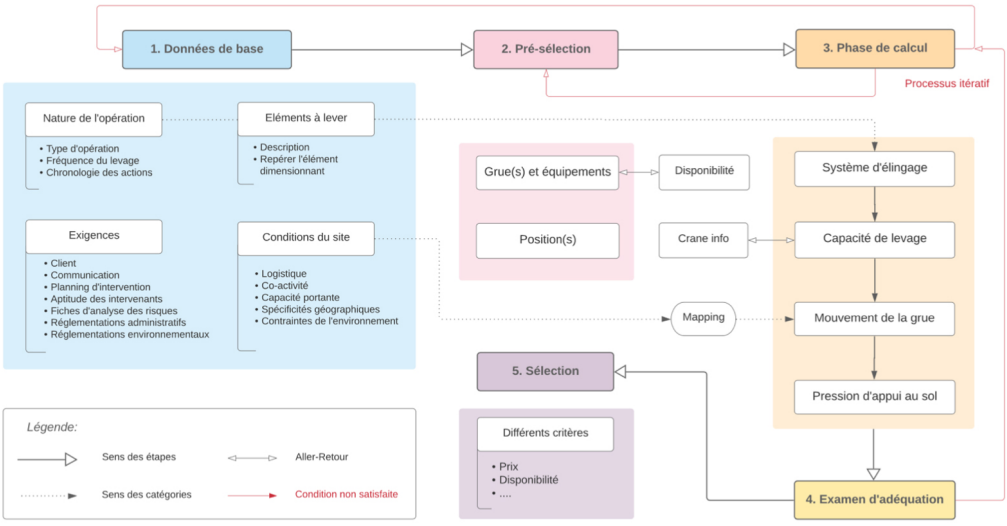


52

Merci pour votre attention

53

2. *Logigramme V2 - 18/05/21*



54

Annexe 8 - Questionnaire des entretiens

Questionnaire - Entretien semi-dirigé

1. Discussion sur les slides reprenant les résultats de l'enquête (voir **annexe 7**)

- Pouvez-vous me décrire votre travail de sélection de grues?
- Ces démarches sont-elles systématiques? Totalement / Partiellement?
- Des routines s'installent-elles lors des prises de décisions?
- Votre processus de sélection a-t-il évolué au fil des années?
- Quelles sont les difficultés majeures que vous rencontrez quand vous devez sélectionner une grue?

2. Discussion sur la 2ème version du logigramme (cf Chapitre V Section 1.2)

- Est-il susceptible de vous aider ou d'aider un jeune ingénieur dans le choix d'une grue mobile?
- Est-il susceptible de faire comprendre le processus de sélection à un client ou à un partenaire?
- Quelles sont les étapes que vous pensez nécessaires de figurer dans ce logigramme?
- Faut-il ajouter des étapes dans ce logigramme? Si oui, lesquelles?

3. Perspectives

- De quelle aide souhaiteriez-vous disposer pour faciliter votre travail de sélection?
- Qu'est-ce qui vous ferait gagner du temps, de l'efficacité?

Entretien	Durée	Personnes	Entreprises
1	150 minutes	Lionel Sacré	Professeur à l'HEPL
2	90 minutes	Nik Andries	Besix
3	45 minutes	Anthony Canor	TIL group
4	60 minutes	Nicolas Clerbois	Besix
5	30 minutes	Damiano Caffont	Franki SA
6	45 minutes	Geoffrey Andrieu	Dufour

Annexe 9 - Questionnaire de l'enquête

Survey - Selection criteria of a mobile or a crawler crane

[FR]
Ce questionnaire s'adresse aux personnes ayant de l'expérience dans le domaine de la sélection de grues adaptées au levage et de la planification du mode opératoire.

Dans le cadre de mon travail de fin d'études à l'Université de Liège, je souhaiterais récolter des informations concernant les étapes de conception qui se déroulent avant l'exécution d'un levage.

La problématique sur laquelle je me penche, concerne la pluralité des paramètres à contrôler et leur interdépendance ainsi que la diversité des méthodes pour arriver à la sélection de la grue la plus adaptée à chaque projet.
Mon objectif est d'élaborer un logigramme qui phase les étapes du processus de sélection d'une grue afin d'optimiser son choix. Dans ce but, il s'agit de formaliser les étapes et de trouver, si possible, une méthode systématique de résolution du problème.

Le questionnaire prend environ 20 minutes et vos réponses me seront d'une aide précieuse.
Je vous remercie d'avance pour votre collaboration.
Florent Mincke

[EN]
This survey is intended for people with experience in the field of selecting suitable cranes for lifting and planning the operating procedure.

As part of my end-of-study work at the University of Liège, I would like to collect information about the design stages that take place before a lifting is carried out.

The problem I am working on concerns the plurality of parameters to be controlled and their interdependence, as well as the diversity of methods to get to the selection of the most suitable crane for each project.
My aim is to draw up a flow chart that phases the stages of the crane selection process in order to optimize the choice. To this end, the stages will have to be formalized and, if possible, a systematic method of solving the problem will have to be found.

The questionnaire takes about 20 minutes and your answers will be very useful for me.
Thank you in advance for your collaboration.
Florent Mincke

[NL]
Deze vragenlijst is bestemd voor personen met ervaring op het gebied van de selectie van geschikte hijskranen en de planning van de exploitatieprocedure.

In het kader van mijn eindverhandeling aan de Universiteit van Luik wil ik informatie verzamelen over de ontwerpfasen die plaatsvinden voordat de heffen fase wordt uitgevoerd.

De problematiek die ik bestudeer betreft de veelheid van te controleren parameters en hun onderlinge afhankelijkheid, alsmede de verscheidenheid van methoden om te komen tot de selectie van de meest geschikte kraan voor elk project.
Mijn doel is een stroomschema op te stellen dat de fasen van het kraanselectieproces faseert om de keuze ervan

te optimaliseren. Daartoe is het de bedoeling de stappen te formaliseren en zo mogelijk een systematische methode te vinden om het probleem op te lossen.

De vragenlijst duurt ongeveer 20 minuten en uw antwoorden zullen zeer nuttig voor me zijn.
Ik dank u bij voorbaat voor uw medewerking.
Florent Mincke

*Obligatoire

1. Dans quelle langue souhaitez-vous réaliser ce questionnaire? - In which language do you want to car out this survey? - In welke taal zou u graag die vragenlijst willen beantwoorden? *

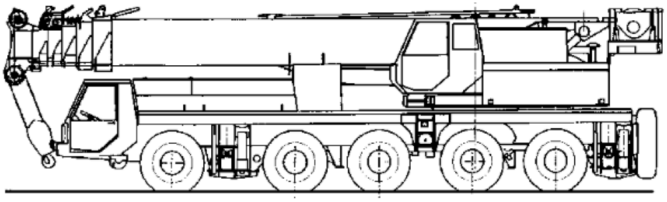
- ◯ Français
- ◯ English
- ◯ Nederlands

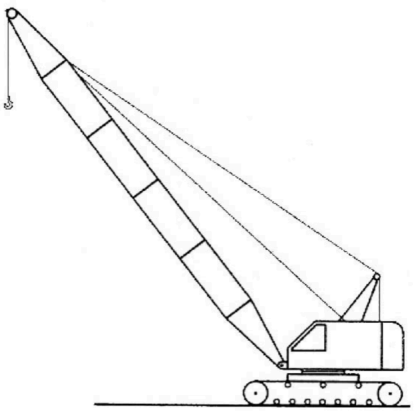
Version française

Ce questionnaire est composé de 48 questions regroupées en différentes rubriques listées ci-dessou

- Informations personnelles [4 questions]
- Informations sur les grues [5 questions]
- Questions générales sur le processus de sélection d'une grue [10 questions]
- Etape 1 - Collecte des informations lors de la visite de chantier [12 questions]
- Etape 2 - Processus de sélection de la grue [10 questions]
- Etape 3 - Levage [7 questions]
- Remerciements

Les grues automotrices à flèche télescopique et les grues sur chenilles seront uniquement prises en considération lors des réponses aux questions.





/!\ Attention: Veuillez compléter ce formulaire jusqu'à la fin car les réponses aux questions ne peuvent être envoyées qu'une fois le questionnaire complété dans sa totalité. Merci d'avance

Informations personnelles

Ce questionnaire est réalisé dans un cadre pédagogique. Vos réponses seront traitées dans le respect de l'anonymat et de la vie privée.
[4 questions]

2. De quel pays provenez-vous ? *

- [ ] Belgique
- [ ] France
- [ ] Luxembourg
- [ ] Autre : _____

3. Dans quelle entreprise travaillez-vous? *

_____

4. Quelle est votre catégorie socioprofessionnelle ? *

- [ ] Ouvrier
- [ ] Employé
- [ ] Ingénieur ou cadre
- [ ] Autre : _____

5. Combien d'années d'expérience avez-vous dans le métier? *

_____

Informations sur les grues

[5 questions

6. Quelle marque de grue utilisez-vous le plus fréquemment? *

- [ ] Liebherr
- [ ] Terex/Demag
- [ ] Manitowoc
- [ ] Autre : _____

7. Quel type de grue et quel modèle utilisez-vous le plus souvent? Et pourquoi? *

_____

8. Quel équipement est généralement utilisé? *

- [ ] Fléchette fixe
- [ ] Fléchette pliable
- [ ] Volée variable
- [ ] Roaster sheave
- [ ] Autre : _____

9. Pourquoi utilisez-vous généralement cet équipement? *

_____

_____

_____

_____

_____

10. Quelle est la nature de l'opération qui vous occupe le plus souvent? *

- [ ] Levage isolé
- [ ] Opérations répétitives
- [ ] Autre : _____

Questions générales sur le processus de sélection d'une grue

Cette section permet de décrire votre processus de sélection et d'identifier les outils utilisés.
[10 questions]

11. Considérez-vous qu'il est nécessaire d'avoir de l'expérience dans le domaine du levage afin d'évalue correctement chaque situation et de choisir une grue qui sera la plus adaptée? *

- [ ] Oui
- [ ] Non

12. Considérez-vous le processus de sélection d'une grue comme un processus itératif? *

- [ ] Oui
- [ ] Non

13. Avez-vous une méthode systématique pour sélectionner une grue? *

- [ ] Oui
- [ ] Non

14. Selon vous, quelle(s) approche(s) correspond(ent) le mieux au processus de sélection d'une grue? *

- [ ] Une approche globale qui s'affine au fur et à mesure
- [ ] Une pré-sélection rapide suivie d'une analyse spécifique
- [ ] Une gestion de données dont les facteurs sont traités de façon égale
- [ ] Une gestion de données au sein desquelles des facteurs prépondérants peuvent être mis en évidence
- [ ] Un système de composition par hypothèses
- [ ] Une méthode basée sur l'expérience transmise par un formateur
- [ ] Il n'y a pas de méthode spécifique car il n'existe pas de liste exhaustive de critères ni d'ordre de résolution du problème (chaque critère et chaque condition étant spécifiques au projet).
- [ ] Autre : _____

15. Pouvez-vous cocher les outils que vous utilisez pour la sélection de grues? *

- [ ] Un logiciel de calculs
- [ ] Un logiciel de simulation 3D
- [ ] Des fiches techniques
- [ ] Les tableaux de capacité de levage fournis par les fabricants de grue
- [ ] Autre : _____

16. Si vous utilisez un logiciel de calculs et/ou un logiciel de simulation 3D, pouvez-vous dire dans quel(s but(s)?

- [ ] Simulation dynamique
- [ ] Avoir plusieurs scénarios de levage
- [ ] Réduire les incertitudes
- [ ] Améliorer la sécurité
- [ ] Faciliter le travail
- [ ] Autre : _____

17. Si vous utilisez un logiciel de calculs et/ou un logiciel de simulation 3D, pouvez-vous dire lequel/lesquels?

18. Quels sont les principaux paramètres que vous devez y introduire?

19. Pouvez-vous donner une estimation du temps consacré au processus de sélection pour les levages simples? *

20. Pouvez-vous donner une estimation du temps consacré au processus de sélection pour les levages critiques? *

Etape 1 - Collecte des informations lors de la visite de chantier

[12 questions

21. Organisez-vous systématiquement une visite de site avant la sélection de la grue? *

- ◯ Oui
- ◯ Non

22. Dans quel ordre traitez-vous ces différentes catégories de facteurs auxquels il faut porter attention lors de la récolte des données de base? *

	1	2	3
Facteurs techniques dimensionnants (la + grande portée, la + grande hauteur, la charge nominale)	◯	◯	◯
Conditions du site (dégagement disponible pour la grue et les équipements, caractéristiques du sol)	◯	◯	◯
Description de l'objet à lever (sachant que ces informations conditionnent le type d'élingage)	◯	◯	◯

23. Avez-vous su facilement accorder un ordre d'importance aux différentes catégories? *

- ◯ Oui
- ◯ Non

24. Pensez-vous que les catégories de facteurs ci-dessus sont pertinentes? *

- ◯ Oui
- ◯ Non

25. Pensez-vous à d'autres catégories de facteurs à prendre en considération lors de la récolte des données de base? Si oui, lesquels?

26. Dans quel ordre considérez-vous les facteurs concernant l'adéquation de la grue à son environnement? *

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Accès au chantier									
Nature du terrain (goudron, remblai, béton,.. & présence de pente)									
Visibilité des opérations									
Présence d'autres appareils de levage									
Obstacles aériens									
Ouvrages enterrés									
Co-activité (travaux, routes, voiries piétonnes, bâtiments habités)									
Impacts sur le voisinage (par exemple, le bruit)									
Taux d'émission de CO2									

27. Avez-vous su facilement accorder un ordre d'importance aux différents facteurs? *

- ◯ Oui
- ◯ Non

28. Pensez-vous à d'autres facteurs à prendre en considération concernant l'environnement? Si oui, lesquels?

29. Dans quel ordre considérez-vous les facteurs concernant la description de l'objet? *

	1	2	3	4	5	6	7
Dimensions de la charge	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Poids de la charge	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Nature de la charge	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Position de la charge (verticale ou horizontale)	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Niveau de pose	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Points de levage ou autres points de fixations	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Centre de gravité	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯

30. Avez-vous su facilement accorder un ordre d'importance aux différents facteurs? *

- ◯ Oui
- ◯ Non

31. Pensez-vous à d'autres facteurs à prendre en considération concernant la description de l'objet? Si oui, lesquels?

_____

_____

_____

_____

_____

32. Suite à la collecte des données de base, il est possible d'émettre une hypothèse sur différentes gru qui pourraient convenir. Quel est généralement le nombre de grues prises en considération dans votre échantillon de départ? *

_____

Etape 2 - Processus de sélection de la grue

Identification des principaux critère
[10 questions]

33. Dans quel ordre effectuez-vous ces trois étapes principales de calcul lors du travail de sélection d'u grue? *

	1	2	3
Calcul de la capacité de levage	◯	◯	◯
Calcul du dégagement	◯	◯	◯
Calcul de la pression d'appui au sol	◯	◯	◯

34. Etes-vous amené à réaliser d'autres étapes importantes de calcul que celles mentionnées ci-dessus
Si oui, lesquelles?

35. Réalisez-vous une vérification des données calculées? *

- ◯ Oui
- ◯ Non

36. A quel moment élaborez-vous le système d'élingage? *

- ◯ Avant les 3 étapes de calcul de la capacité de levage, du dégagement et de la pression d'appui au sol
- ◯ Après les 3 étapes de calcul de la capacité de levage, du dégagement et de la pression d'appui au sol
- ◯ Entre ces 3 étapes

37. A quel moment émettez-vous l'hypothèse de réaliser un levage en tandem? *

- ◯ Avant la récolte des données de base
- ◯ Après la récolte des données de base
- ◯ Lorsque les pistes explorées en levage simple n'aboutissent pas
- ◯ Autre : _____

38. Suite aux étapes précédentes, différentes grues ressortent comme étant compatibles au projet. Qu est généralement le nombre de grues restantes par rapport à votre échantillon de base? (cf dernièr question de la section "étape 1") *

39. Lorsque plusieurs grues sont compatibles au projet, dans quel ordre classez-vous les critères suivar qui mènent au choix final? *

	1	2	3	4	5	6
le coût						
la disponibilité						
le transport						
la facilité/rapidité de mise en oeuvre						
le temps global de l'opération						
les dimensions						

40. Avez-vous d'autres critères qui influencent le choix final? Si oui, lesquels?

41. Quelles sont les parties impliquées dans le choix de la grue? Qui prend en charge le choix final?

42. Pour les questions de cette section, avez-vous des remarques ou d'autres points d'analyse à prendr en considération lors du travail de sélection d'une grue?

Etape 3 - Levage

[7 questions

43. Pouvez-vous classer ces critères permettant d'évaluer la criticité d'un levage? *

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
La réserve de capacité de la grue									
La charge est levée au-dessus d'équipements en service									
La charge est levée à xx mètres au-dessus du sol									
La charge est levée à proximité de lignes électriques aériennes									
La charge est levée à proximité de bâtiments occupés ou au-dessus de zone piétonne									
La charge a une grande surface et un faible poids									
Absence de contact visuel entre le conducteur de l'engin et le chef de manoeuvre									
Au moins deux appareils de levage sont nécessaires pour effectuer le levage									
Présence de co-activité									

44. Avez-vous d'autres critères à prendre en considération? Si oui, lesquels?

45. Réalisez-vous toujours un plan de levage? Pourquoi? *

46. Pouvez-vous classer, par ordre d'importance, les informations suivantes figurant sur le plan de levage? *

	1	2	3	4	5	6
Evaluation de la criticité						
Caractéristiques du levage						
Caractéristiques de la grue						
Schéma d'implantation						
Schéma d'élingage						
Mode opératoire						

47. Avez-vous d'autres informations qui figurent sur votre plan de levage? Si oui, lesquelles?

48. A quels types d'impondérables êtes-vous confronté? Classez-les par fréquence d'occurence. *

	1	2	3	4
Météo (vent, orage)				
Problème de gabarit (nécessitant une grue de plus grande capacité)				
Problème de stabilité				
Manque d'espace disponible				

49. Etes-vous parfois confronté à d'autres types d'impondérables? Si oui, lesquels?

Remerciements et interviews ciblés

Je vous remercie pour le temps que vous avez consacré à répondre à ces questions.
Vos réponses me seront d'une grande aide dans le cadre de mon TFE.

Si vous le souhaitez, je vous propose une interview plus ouverte où vous pourrez me donner votre avis plus en détails. Si vous désirez que je vous recontacte pour planifier ce court interview ou si vous désirez que je vous communique les résultats de cette analyse, vous pouvez me laisser votre adresse mail ci-dessous.

50. Adresse mail :

51. Si vous avez des questions/commentaires n'hésitez pas à m'en faire part:

52. Avez-vous des ouvrages de référence dans le domaine à me conseiller?

Si vous avez une check-list ou une méthode de travail standardisée pour la sélection d'une grue, je se intéressé de pouvoir en disposer afin d'approfondir mes recherches.

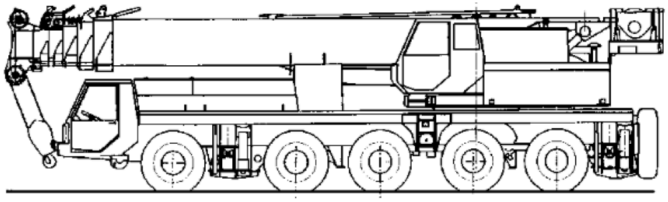
N'hésitez pas à partager ce questionnaire avec des personnes qui ont réalisé des sélections de grues manière à ce que je puisse recueillir un maximum de réponses!

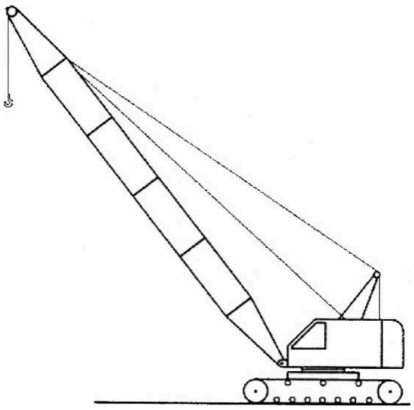
English version

This questionnaire consists of 48 questions. Below you can find the table of content:

- Personal information [4 questions]
- Information on cranes [5 questions]
- General questions on the crane selection process [10 questions]
- Step 1 - Collecting information during the site visit [12 questions]
- Step 2 - Crane selection process [10 questions]
- Step 3 - Lifting [7 questions]
- Acknowledgements

Mobile telescopic boom cranes and crawler cranes will only be considered when answering the questions





/!\ Attention: Please complete this form to the end as answers to the questions can only be sent once the questionnaire has been completed in full. Thank you in advance

Personal information

This questionnaire is carried out within a pedagogical framework. Your answers will be treated with respect for anonymity and privacy. [4 questions]

53. Where do you come from? *

- ◯ Belgium
- ◯ Netherlands
- ◯ Germany
- ◯ France
- ◯ Luxembourg
- ◯ Autre : _____

54. In which company do you work? *

_____

55. What is your socio-professional category? *

- [ ] Worker
- [ ] Employee
- [ ] Engineer or manager

56. How long have you been working in this field? *

_____

_____

_____

_____

_____

Crane Information

[5 questions

57. Which brand of crane do you use most frequently? *

- [ ] Liebherr
- [ ] Terex/Demag
- [ ] Manitowoc
- [ ] Autre : _____

58. Which model do you use most often? Why do you use this one? *

_____

59. Which equipment is generally used? *

- [ ] Fixed jib
- [ ] Foldable jib
- [ ] Luffing fly jib
- [ ] Roaster sheave
- [ ] Autre : _____

60. Why do you usually use this equipment? *

_____

_____

_____

_____

_____

61. What kind of operation do you most often deal with? *

- [ ] Isolated lifting
- [ ] Repetitive operations
- [ ] Autre : _____

General questions about the crane selection process

This section describes your selection process and identifies the tools used. [10 questions]

62. Do you consider it necessary to have lifting experience in order to properly assess each situation ar choose the most suitable crane? *

- ◯ Yes
- ◯ No
- ◯ Autre : _____

63. Do you consider the crane selection process to be an iterative process? *

- ◯ Yes
- ◯ No

64. Do you have a systematic method to select a crane? *

- ◯ Yes
- ◯ No

65. Which approach do you think that fits the crane selection process? (several answers possible) *

- ☐ A global approach that is being refined over time
- ☐ A quick pre-selection followed by a specific analysis
- ☐ Data management in which factors are handled equally
- ☐ Data management in which overriding factors can be highlighted
- ☐ A system of composition by hypothesis
- ☐ A method based on the experience transmitted by a trainer
- ☐ No systematic method because there is no exhaustive list of criteria or order for resolving the problem. (eacl criterion and condition being specific to the project)
- Autre : ☐ _____

66. Can you tick the tools you use for crane selection? *

- [ ] A calculation software
- [ ] A 3D simulation software
- [ ] Technical data sheets
- [ ] Lifting capacity tables provided by crane manufacturers

Autre : [ ] _____

67. If you use a calculation software and/or a 3D simulation software, can you tell for what purpose(s)?

- [ ] Dynamic simulation
- [ ] Having several lifting scenarios
- [ ] Reducing uncertainties
- [ ] Improving safety
- [ ] Making work easier

Autre : [ ] _____

68. If you use a calculation software and/or a 3D simulation software, can you tell me which one(s)?

_____

_____

_____

_____

_____

69. Which main parameters are input in the calculation or in the 3D simulation software?

_____

_____

_____

_____

_____

70. Can you give an estimate of the time spent on the selection process for simple liftings? *

71. Can you give an estimate of the time spent on the selection process for critical liftings? *

Step 1 - Collecting information during the site visit

72. Do you systematically organize a site visit before selecting the crane? *

- Yes
- No

73. In which order do you deal with these different categories of factors taken into account when collecting baseline data? *

	1	2	3
Technical dimensioning factors (longest span, tallest height, nominal load)			
Site conditions (clearance available for crane and equipment, soil characteristics)			
Description of the object to be lifted (knowing that this information conditions the type of slinging)			

74. Could you easily classify the categories of factors in order of importance? *

- Yes
- No

75. Do you think that the categories of factors above are relevant? *

- Yes
- No

76. Can you think of other categories of factors to consider when collecting baseline data? If so, which ones?

77. In which order do you consider the factors concerning the suitability of the crane for its environme (see site conditions category) *

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Access to the site	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Nature of the ground (tar, backfill, concrete, ... & presence of overhang)	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Visibility of operations	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Presence of other lifting devices	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Aerial Obstacles	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Underground works	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Co-activity (works, roads, pedestrian roads, inhabited buildings)	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Impacts on the neighbourhood (e.g. noise)	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
CO2 emission rate	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯

78. Could you easily classify the factors in order of importance? *

◯ Yes
◯ No

79. Do you have other factors to consider regarding the environment? If so, which one(s)?

80. In which order do you consider the criteria concerning the description of the object? *

	1	2	3	4	5	6	7
Load dimensions	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Weight of the load	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Type of load	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Load position (vertical or horizontal)	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Installation level	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Lifting points or other fixing points	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Center of gravity	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯

81. Could you easily classify the factors in order of importance? *

◯ Yes
◯ No

82. Do you have other factors to consider regarding the description of the object? If so, which one(s)?

83. Following the collection of basic data, it is possible to suggest the possibility that different cranes c be suitable. How many cranes are generally considered in your initial sample? *

Step 2 - Crane selection process

Identification of the main criteri
[10 questions]

84. In which order do you perform these three main calculation steps when selecting a crane? *

	1	2	3
Calculation of lifting capacity			
Calculation of clearance			
Calculation of ground pressure			

85. Do you have to perform other important calculation steps than those mentioned above? If so, whic one(s)?

86. Do you check the calculated data? *

- ◯ Yes
- ◯ No

87. When do you develop the slinging system? *

- ◯ Before calculation of lifting capacity, clearance and ground pressure
- ◯ After calculation of lifting capacity, clearance and ground pressure
- ◯ Between these steps

88. When do you assume a tandem lift? *

- ◯ Before the collection of basic data
- ◯ After the collection of basic data
- ◯ When the possibilities of single lift do not succeed
- ◯ Autre : _____

89. As a result of the previous steps, different cranes emerged as being compatible with the project. H many cranes are generally left in relation to your basic sample? (see last question in the "step 1" section) *

_____

90. When several cranes may be suitable for the project, in which order do you classify the following criteria that lead to the final choice? *

	1	2	3	4	5	6
the cost						
the availability						
the transport						
the ease of implementation						
the overall time of the operation						
the dimensions						

91. Do you have other criteria which influence the final choice? If so, which one(s)?

92. Which parties are involved in the selection of the crane? Who makes the final choice?

93. For the questions in this section, do you have any comments or other points of analysis to consider when selecting a crane?

Step 3 - Lifting

[7 questions

94. Can you rank these criteria for assessing the criticality of a lift? *

	1	2	3	4	5	6	7	8
Crane capacity reserve								
The load is lifted to xx metres above the ground.								
The load is lifted in the vicinity of overhead power lines.								
The load is lifted close to occupied buildings or over pedestrian areas.								
The load has a large surface area and low weight.								
Lack of visual contact between the driver of the machine and the manoeuvring foreman								
At least two lifting devices are required to carry out the lifting operation								
Presence of co-activity								

95. Do you take other criteria into account? If so, which one(s)?

96. Do you always work out a lifting plan? *

- Yes
- No

97. Can you rank the following information on the lifting plan in order of importance? *

	1	2	3	4	5	6
Evaluation of criticality						
Lifting characteristics						
Crane characteristics						
Layout diagram						
Slinging diagram						
Operating procedure						

98. Does your lifting plan contain other information? If so, which one(s)?

99. What kind of imponderables do you face? Classify them by frequency of occurrence. *

	1	2	3	4
Weather (wind; thunderstorm)				
Crane model problem (a larger crane is needed)				
Stability problem				
Lack of available space				

100. Are you sometimes confronted with other types of imponderables? If so, which one(s)?

Acknowledgements and targeted interviews

Thank you for your time in answering these questions.
Your answers will be a great help to me in my TFE.

If you wish, I would like to suggest you a more open interview so that you can give me your opinion i more detail. If you want me to contact you to schedule this short interview or if you want me to give you the results of this analysis, you can leave me your email address below..

101. Email address

102. If you have any questions/comments don't hesitate to let me know:

103. Do you have any reference books on this subject to recommend?

If you have a checklist or a standardised working method for the crane selection, I'll be interested in having it so that I can go deeper into my research.

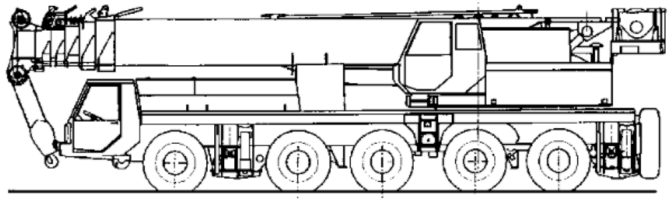
Feel free to share this questionnaire with people who have made crane selections so that I can collect as many answers as possible!

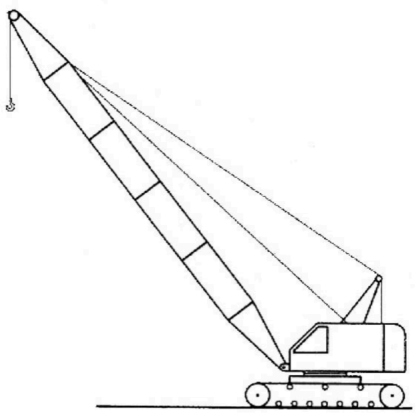
Nederlandse versie

Deze vragenlijst bestaat uit 48 vragen, gegroepeerd onder verschillende rubrieken die hieronder zijn vermeld zijn:

- Persoonlijke informatie [4 vragen]
- Kraan informatie [5 vragen]
- Algemene vragen over het selectieproces voor kranen [10 vragen]
- Stap 1 - Verzamelen van informatie tijdens het bezoek ter plaatse [12 vragen]
- Stap 2 - Selectieproces voor kranen [10 vragen]
- Stap 3 - Het hijswerk [7 vragen]
- Dankbetuigingen

Zelfrijdende telescopische boom kranen en rupskranen zullen alleen in aanmerking worden genomen bij l beantwoorden van de vragen.





/!\ Let op: Gelieve dit formulier volledig in te vullen, aangezien de antwoorden op de vragen pas kunne worden toegezonden nadat de vragenlijst volledig ingevuld is. Dank u bij voorbaat.

Persoonlijke gegevens

Deze vragenlijst wordt uitgevoerd in een pedagogisch kader. Uw antwoorden zullen anoniem en met respec voor uw privacy behandeld worden.
[4 vragen]

104. Uit welk land komt u? *

- ◯ België
- ◯ Nederland
- ◯ Autre : _____

105. Voor welk bedrijf werkt u? *

_____

106. Wat is uw sociaal-professionele categorie? *

- ◯ Arbeider
- ◯ Bediende
- ◯ Ingenieur of leidinggevende

107. Hoelang werkt u in dit gebied? *

_____

Kraan Informatie

[5 vragen

108. Welk merk van kraan gebruikt u het meest? *

- [ ] Liebherr
- [ ] Terex/Demag
- [ ] Manitowoc
- [ ] Autre : _____

109. Welk type en model van kraan gebruikt u het meest? Waarom gebruikt u ze? *

_____

110. Welke apparatuur wordt doorgaans gebruikt? *

- [ ] Fixed jib
- [ ] Foldable jib
- [ ] Luffing fly jib
- [ ] Roaster sheave
- [ ] Autre : _____

111. Waarom gebruikt u je gewoonlijk deze apparatuur? *

_____

_____

_____

_____

_____

112. Met welke handeling bent u het vaakst bezig? *

- [ ] Geïsoleerd hijswerk
- [ ] Repetitieve handelingen
- [ ] Autre : _____

Algemene vragen over het selectieproces van kranen

In dit deel wordt het selectieproces beschreven. Het wordt ook aangegeven welke hulpmiddelen gebruikt worden.
[10 vragen]

113. Denkt u dat hijservaring noodzakelijk is om elke situatie goed te kunnen beoordelen en de meest geschikte kraan te kunnen kiezen? *

- [ ] Ja
- [ ] Nee

114. Beschouwt u het selectieproces van kranen als een iteratief proces? *

- [ ] Ja
- [ ] Nee

115. Heeft u een systematische methode voor het selecteren van een kraan? *

- [ ] Ja
- [ ] Nee

116. Welke aanpak(ken) past (passen) volgens u het beste bij het selectieproces van kranen? *

- [ ] Een globale aanpak die gaandeweg wordt verfijnd
- [ ] Een snelle voorselectie gevolgd door een specifieke analyse
- [ ] Gegevensbeheer met gelijke behandeling van factoren
- [ ] Gegevensbeheer waarin de doorslaggevende factoren aangetoond kunnen worden
- [ ] Een systeem van samenstelling door hypothesen
- [ ] Een methode gebaseerd op de door een opleider doorgegeven ervaring
- [ ] Geen specifieke methode, aangezien er geen volledige lijst van criteria of volgorde van probleemoplossing i (elk criterium en elke voorwaarde is specifiek voor het project).

Autre : ☐ _____

117. Kunt u aankruisen welke hulpmiddelen u gebruikt voor de selectie van kranen? *

- [ ] Berekeningssoftware
- [ ] 3D-simulatiesoftware
- [ ] Technische fiches
- [ ] Hijscapaciteitstabellen verstrekt door kraanbouwers

Autre : ☐ _____

118. Als u een berekeningssoftware en/of een 3D-simulatiesoftware gebruikt, kunt u dan zeggen voor welk(e) doel(en)?

- [ ] Dynamische simulatie
- [ ] Verschillende hijsscenario's
- [ ] Vermindering van de onzekerheid
- [ ] Verbetering van de veiligheid
- [ ] Het werk gemakkelijker maken

Autre : ☐ _____

119. Als u een berekeningssoftware en/of een 3D-simulatiesoftware gebruikt, kunt u dan zeggen welke software(s) u gebruikt?

120. Wat zijn de belangrijkste parameters die u moet invoeren?

121. Kunt u de tijd schatten die aan het selectieproces voor eenvoudige hijsen wordt besteed? *

122. Kunt u de tijd schatten die aan het selectieproces voor kritieke hijsen wordt besteed? *

Stap 1 - Verzamelen van informatie tijdens het bezoek ter plaatse

[12 vragen

123. Organiseert u systematisch een bezoek ter plaatse voordat u de kraan kiest? *

- ◯ Ja
- ◯ Nee

124. In welke volgorde behandelt u deze verschillende categorieën van factoren die bij het verzamelen van basisgegevens aan de orde moeten komen? *

	1	2	3
Technische dimensioneringsfactoren (grootste overspanning, grootste hoogte, nominale belasting)	◯	◯	◯
Terreinomstandigheden (beschikbare ruimte voor kraan en materieel, bodemkenmerken)	◯	◯	◯
Beschrijving van het op te tillen voorwerp (aangezien deze informatie bepalend is voor het soort slingeren)	◯	◯	◯

125. Vindt u het gemakkelijk om de verschillende categorieën te prioriteren? *

- ◯ Ja
- ◯ Nee

126. Denkt u dat de bovengenoemde categorieën van factoren relevant zijn? *

- ◯ Ja
- ◯ Nee

127. Denkt u aan andere categorieën van factoren waarmee rekening gehouden moet worden bij het verzamelen van basisgegevens? Zo ja, welke?

128. In welke volgorde beschouwt u de factoren die betrekking hebben op de geschiktheid van de kraa voor zijn omgeving? *

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Toegang tot de site	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Aard van de grond (teer, vulmiddel, beton, ... & aanwezigheid van helling)	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Zichtbaarheid van de operaties	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Aanwezigheid van andere hefinrichtingen	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Luchtobstakels	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Ondergrondse werken	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Co-activiteit (werken, wegen, voetgangerswegen, bewoonde gebouwen)	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Gevolgen voor de buurt (b.v. lawaai)	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
CO2-uitstoot	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯

129. Vindt u het gemakkelijk om de verschillende factoren te prioriteren? *

◯ Ja
◯ Nee

130. Denkt u aan andere omgevingsfactoren waarmee rekening gehouden moet worden? Zo ja, welke?

131. In welke volgorde beschouwt u de factoren met betrekking tot de beschrijving van het voorwerp?

	1	2	3	4	5	6	7
Afmetingen van de lading	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Gewicht van de lading	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Type lading	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Laadpositie (verticaal of horizontaal)	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Installatie niveau	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Hijspunten of andere bevestigingspunten	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Zwaartepunt	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯

132. Vindt u het gemakkelijk om de verschillende factoren te prioriteren? *

◯ Ja
◯ Nee

133. Denkt u aan andere factoren waarmee rekening gehouden moet worden bij het beschrijven van he voorwerp? Zo ja, wat zijn ze?

134. Na het verzamelen van de basisgegevens is het mogelijk hypotheses te maken over de verschillen kranen die geschikt zouden kunnen zijn. Hoeveel kranen worden in het algemeen in uw eerste steekproef opgenomen? *

Stap 2 - Selectieproces voor kranen

Vaststelling van de voornaamste criteri
[10 vragen]

135. In welke volgorde voert u deze drie hoofdberekeningsstappen uit bij de selectie van een kraan? *

	1	2	3
Berekening van het hefvermogen	◯	◯	◯
Berekening van de vrije ruimte	◯	◯	◯
Berekening van de gronddruk	◯	◯	◯

136. Moet u nog andere belangrijke berekeningsstappen uitvoeren dan degenen die hierboven vermeld zijn? Zo ja, welke?

137. Kijkt u de berekende gegevens na? *

- ◯ Ja
- ◯ Nee

138. Wanneer gaat u je het slingsysteem ontwikkelen? *

- ◯ Vóór de 3 stappen om het hefvermogen, de bodemvrijheid en de bodemdruk te berekenen
- ◯ Na de 3 stappen om het hefvermogen, de bodemvrijheid en de gronddruk te berekenen
- ◯ Tussen deze 3 stappen

139. Wanneer veronderstelt u dat het hijsen in tandem noodzakkelijk is? *

- ◯ Voor het verzamelen van de basisgegevens
- ◯ Na het verzamelen van de basisgegevens
- ◯ Wanneer gezochte mogelijkheden in enkele lift niet slagen
- ◯ Autre : _____

140. Als gevolg van de voorgaande stappen komen verschillende kranen naar voren die geschikt voor h project zijn. Hoeveel kranen zijn er in het algemeen nog over in vergelijking met uw basissteekproe (zie laatste vraag in de rubriek "stap 1") *

_____

141. Wanneer verschillende kranen geschikt voor het project zijn, in welke volgorde rangschikt u dan d volgende criteria die tot de uiteindelijke keuze leiden? *

	1	2	3	4	5
Kostprijs	◯	◯	◯	◯	◯
Beschikbaarheid	◯	◯	◯	◯	◯
Vervoer	◯	◯	◯	◯	◯
Eenvoudige implementatie	◯	◯	◯	◯	◯
Totale tijd van de operatie	◯	◯	◯	◯	◯

142. Heeft u nog andere criteria die de uiteindelijke keuze beïnvloeden? Zo ja, wat zijn ze?

143. Welke partijen zijn betrokken bij de keuze van de kraan? Wie maakt de uiteindelijke keuze?

144. Hebt u voor de vragen in dit deel nog opmerkingen of andere aandachtspunten waarmee rekening gehouden moet worden bij de keuze van een kraan?

Stap 3 - Het hijswerk

[7 vragen

145. Kunt u een rangschikking maken van deze criteria voor de beoordeling van het kritieke karakter va hijswerk? *

	1	2	3	4	5	6	7	8
Reserve kraancapaciteit	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
De last wordt over apparatuur in bedrijf gehesen	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
De last wordt tot xx meter boven de grond gehesen.	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
De last wordt gehesen in de nabijheid van bovengrondse hoogspanningsleidingen.	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
De last wordt gehesen in de nabijheid van bewoonde gebouwen of over voetgangersgebieden.	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
De lading heeft een groot oppervlak en een laag gewicht.	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Gebrek aan visueel contact tussen de kraanmachinist en de werfleider	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Er zijn ten minste twee hijs- en hefwerktuigen nodig om de hijs- of hefverrichting uit te voeren	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Aanwezigheid van co-activiteit	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯

146. Heeft u nog andere criteria waarmee u rekening moet houden? Zo ja, wat zijn ze?

147. Maakt u altijd een hijsplan? Waarom (niet)? *

148. Kunt u de volgende informatie over het hijsplan in volgorde van belangrijkheid rangschikken? *

	1	2	3	4	5	6
Evaluatie van de kriticiteit						
Hefeigenschappen						
Kraan kenmerken						
Lay-out schema						
Slingerdiagram						
Werkwijze						

149. Heeft u nog andere informatie over uw hijsplan? Zo ja, welke?

150. Met wat voor onzekere factoren wordt u geconfronteerd? Rangschik ze naar frequentie van voorkomen. *

	1	2	3	4	5
Weer (wind, onweer)	◯	◯	◯	◯	◯
Probleem met de kraanmodel (wanneer een grotere kraan nodig is)	◯	◯	◯	◯	◯
Stabiliteitsprobleem	◯	◯	◯	◯	◯
Gebrek aan beschikbare ruimte	◯	◯	◯	◯	◯
De afmetingen	◯	◯	◯	◯	◯

151. Hebt u soms te maken met andere onzekere factoren? Zo ja, welke?

Dankbetuigingen en gerichte interviews

Dank u voor de tijd die u hebt genomen om deze vragen te beantwoorden.
Uw antwoorden zullen mij goed van pas komen bij mijn TFE.

Als u dat wenst, zou ik u graag een meer open interview voorstellen waarin u mij uw mening meer in detail kunt geven. Als u wilt dat ik contact met u opneem om dit korte interview in te plannen of als u wi dat ik de resultaten van deze analyse met u deel, kunt u hieronder uw emailadres achterlaten.

152. E-mail adres :

153. Als u vragen/opmerkingen heeft, aarzel dan niet om het me te laten weten:

154. Heeft u enige referentieboeken op dit gebied die u mij kunt aanbevelen?

Als u over een checklist of een gestandaardiseerde werkwijze voor de selectie van een kraan beschik zou ik die graag tot mijn beschikking hebben voor verder onderzoek.

Voel je vrij om deze vragenlijst te delen met mensen die kranen hebben uitgekozen, zodat ik zoveel mogelijk antwoorden kan verzamelen!

Ce contenu n'est ni rédigé, ni cautionné par Google.

Google Forms