

K-Réa

Dimensionnement et vérification des écrans de soutènement

B. MANUEL D'UTILISATION

B.1. Introduction	6
B.1.1 Présentation de K-Réa	6
B.1.2 Conventions.....	7
B.1.2.1. Unités	7
B.1.2.2. Projets double-écran	8
B.1.2.3. Projet « Ecran 3D »	8
B.1.2.4. Conventions de signes	9
B.1.2.5. Conventions relatives aux actions du phasage.....	9
B.1.3 Extension des fichiers de données K-Réa v6	9
B.2. Présentation générale de l'interface	10
B.2.1 Fenêtre de lancement.....	10
B.2.2 Fenêtre principale	11
B.2.3 Fonctionnalités	12
B.2.3.1. Boutons et lignes de menu	12
B.2.3.2. Raccourcis clavier	13
B.2.3.3. Menus contextuels	13
B.2.4 Fonctionnement de l'updater	14
B.3. Les données du projet	15
B.3.1 Titre et Options.....	15
B.3.1.1. Options générales.....	15
B.3.1.2. Options de calcul avancées.....	16
B.3.1.3. Définition des coefficients partiels.....	18
B.3.2 Définition des couches de sol	20
B.3.2.1. Boîte de dialogue de définition des caractéristiques des sols	20
B.3.2.2. Assistants à la détermination des coefficients de poussée et butée des terres	22
B.3.2.3. Assistant de détermination des coefficients k_{ac} et k_{pc}	24
B.3.2.4. Assistants à la détermination du coefficient de réaction	24
B.3.2.5. Couleur des couches	25
B.3.3 Définition de l'écran (projets 2D)	26
B.3.3.1. Fenêtre de définition de l'écran	26

B.3.3.2. Assistants pour la détermination de la rigidité de l'écran	26
B.3.4 Saisie des données pour les projets double-écran	30
B.3.4.1. Titres et options (cas double-écran)	30
B.3.4.2. Définition des couches de sol pour un double-écran	31
B.3.4.3. Définition des caractéristiques des deux écrans	31
B.3.5 Définition de la structure (projet 3D)	31
B.3.6 Définition des jeux de combinaisons / cas de charges	32
B.4. Définition du phasage	34
B.4.1 Présentation	34
B.4.2 Cadre de choix des actions	36
B.4.3 Cadre de définition des actions	38
B.4.4 Validation / Calcul / Résultats	39
B.4.5 Définition du phasage pour un projet de type « Ecran Simple »	39
B.4.5.1. Projets sans vérifications ELU	39
B.4.5.2. Projets avec vérifications ELU	39
B.4.6 Définition du phasage pour un projet de type « Double-Ecran »	41
B.5. Description des actions définies au cours du phasage	42
B.5.1 Actions 2D	42
B.5.1.1. Actions Travaux	43
B.5.1.2. Caractéristiques des sols	46
B.5.1.3. Caractéristiques de l'écran	49
B.5.1.4. Ancrages et appuis	49
Chargement sur le sol et l'écran	50
B.5.1.5.	50
B.5.2 Actions 3D	53
B.5.2.3. Caractéristique de l'écran	57
B.5.2.4. Ancrage et appuis	57
B.5.2.5. Chargement sur le sol et l'écran	59
B.5.3 Actions automatiques	61
B.5.3.1. Options MEL (Méthode aux Equilibres Limites)	61
B.5.3.2. Options ELU (MISS)	62
B.5.4 Séisme (calcul sismique)	63
B.6. Calculs et résultats	64
B.6.1 Présentation générale	64
B.6.1.1. Calcul	64
B.6.1.2. Organigramme des calculs	64
B.6.1.3. Résultats pour un calcul sans vérifications ELU	65
B.6.1.4. Cas d'un calcul avec vérifications ELU	65
B.6.2 Calcul sans vérifications ELU	66
B.6.2.1. Résultats disponibles dans la fenêtre principale de K-Réa	66
B.6.2.2. Fenêtre des résultats / Onglet « Données »	67
B.6.2.3. Fenêtre de résultats / Onglet « Synthèse des résultats »	67
B.6.2.4. Fenêtre des résultats / Onglet(s) « Enveloppe »	67

B.6.2.5. Résultats par phase : représentation graphique.....	68
B.6.2.6. Résultats par phase : tableaux de valeurs.....	69
B.6.3 Calcul avec vérifications ELU (résultats principaux).....	70
B.6.3.1. Fenêtre principale.....	70
B.6.3.2. Résultats ELS par phase	71
B.6.3.3. Résultats ELU par phase : calcul MEL (écran autostable)	71
B.6.3.4. Résultats ELU par phase : calcul MISS (écran ancré)	72
B.6.4 Vérifications ELU	72
B.6.4.1. Vérification du défaut de butée	74
B.6.4.2. Vérification de l'équilibre vertical de l'écran	74
B.6.4.3. Vérification de la stabilité du massif d'ancrage (Kranz)	76
B.6.5 Projets double-écran	77
B.6.5.1. Résultats principaux	77
B.6.5.2. Vérifications ELU	77
B.6.6 Projet 3D.....	78
B.6.6.1. Résultats principaux	78
B.6.6.2. Ecran des résultats	78
B.6.7 Export des résultats sous format de fichiers texte (2D uniquement).....	79
B.6.7.1. Lecture du fichier 01-KR_ELS_Wall	80
B.6.7.2. Lecture du fichier 02-KR_ELS_Reactions	81
B.6.7.3. Lecture du fichier 03-KR_ELU_MISS_Wall.....	81
B.6.7.4. Lecture du fichier 04-KR_ELU_Reactions.....	83
B.6.7.5. Lecture du fichier 05-KR_ELU_MEL_F_Wall.....	83
B.6.7.6. Lecture du fichier 06-KR_ELU_MEL_D_Wall	83
B.6.7.7. Lecture du fichier 07-KR_ELU_MISS_Synthesis.txt	84
B.6.7.8. Lecture du fichier 08-KR-KRANZ-Results.txt (okz01).....	84
B.6.7.9. Lecture du fichier 09-KR-Phase_And_Combinations.txt	85
B.7. Impressions	86
B.7.1 Projets de type écran simple sans vérifications à l'ELU	86
B.7.2 Projets de type écran simple avec vérifications à l'ELU	87
B.7.3 Résultats à l'ELS.....	88
B.7.4 Projets de type Double Écran	89
B.7.5 Projets de type Écran 3D	89

TABLE DES FIGURES

Figure B1 : Exemples de projets « écran simple »	6
Figure B2 : Exemples de projets « double-écran »	6
Figure B3 Exemple Projet 3D	7
Figure B4 : Fenêtre de lancement de K-Réa	10
Figure B5 : Fenêtre principale	11
Figure B6 : Menu principal.....	12
Figure B7 : Boîte de dialogue « Titre et Options » (projet écran simple).....	15
Figure B8 : Boîte de dialogue de définition des coefficients partiels	18
Figure B9 : Boîte de dialogue des caractéristiques des couches de sol.....	20
Figure B10 : Tables de poussée et de butée des terres de Kerisel et Absi	22
Figure B11 : Calcul des coefficients de poussée par la méthode du coin de Coulomb	23
Figure B12 : Calcul des coefficients de poussée par la méthode de Rankine	23
Figure B13 : Définition de l'écran : paroi rectiligne (à gauche) et paroi circulaire (à droite) ..	26
Figure B14 : Détermination du produit EI pour les parois planes continues	27
Figure B15 : Détermination de EI et Rc pour les parois cylindriques continues – plusieurs sections.....	27
Figure B16 : Catalogue des palplanches ArcelorMittal	29
Figure B17 : Standard U - Valeur de Beta D.....	30
Figure B18 : Boîte de dialogue des caractéristiques des couches de sol – Projet double écran	31
Figure B19 : Fenêtre de définition de l'écran – Projet double-écran	31
Figure B20 : Fenêtre de définition de la structure – Projet 3D	32
Figure B21 : Fenêtre de définition des familles et des combinaisons de charges	33
Figure B22 : Fenêtre de Résultats permettant l'accès aux résultats par combinaisons de charges	33
Figure B23 : Fenêtre de Vérifications à l'EC7 permettant l'accès aux résultats par combinaisons de charges.....	33
Figure B24 : Fenêtre principale – Gestion du phasage.....	34
Figure B25 Onglet « Paramétrage du dessin ».....	35
Figure B26 : Cadre de choix des actions pour une phase de calcul.....	36
Figure B27 : Définition des paramètres d'une action	36
Figure B28 : : Indications sur l'origine d'invalidités de saisie.....	37
Figure B29 : Cadre de définition des actions (exemple d'une excavation)	38
Figure B30 : Exemple de données supplémentaires pour les projets avec vérifications ELU dans le cas d'une phase où l'écran est considéré comme autostable.....	40
Figure B31 : Projet double-écran : choix de l'Ecran 1 / Ecran 2 et affichage des actions propres à chaque écran	41
Figure B32 : Exemple de définition d'un gradient hydraulique 2D.....	43
Figure B33 : Définition d'un diagramme de pressions imposées.....	47
Figure B34 : Comportement d'un tirant avec précontrainte.....	49
Figure B35 : Schéma de principe d'une surcharge de Bousinesq.....	51
: Schéma de principe d'une surcharge de Graux	52
Figure B37 : Schéma de principe d'une force linéique	52

Figure B38 : Schéma de principe d'un moment	53
Figure B39 : Exemple de définition d'un gradient hydraulique 3D	55
Figure B40 : Comportement d'un tirant avec précontrainte	58
Figure B41 : Schéma de principe d'une surcharge de Bousinesq	60
Figure B42 : Phasage de calcul avec traitement des phases avec séisme	63
Figure B43 : Organigramme de calcul et résultats obtenus pour chaque type de calcul	64
Figure B44 : Affichage des résultats MISS (sans vérifications ELU) dans la fenêtre principale	66
Figure B45 : Affichage du tableau de synthèse des résultats (écran simple, sans vérifications ELU)	67
Figure B46 : Affichage des résultats d'une phase sous forme de graphiques (écran simple, sans vérifications ELU)	68
Figure B47 : Résultats ELU d'une phase où l'écran est autostable (calcul MEL) – Les déplacements ne sont pas affichés	70
Figure B48 : Résultats ELU d'une phase où l'écran est ancré (calcul MISS)	71
Figure B49 : Fenêtre des résultats – Synthèse des résultats ELU pour un projet avec phases en console et phases ancrées	72
Figure B50 : Fenêtre d'affichage des résultats des vérifications ELU	73
Figure B51 : Fenêtre principale – Résultats d'un projet double-écran	77
Figure B52 Fenêtre principale – Résultats 3D	78
Figure B53 : Assistant d'impression pour un projet écran Simple sans vérifications ELU	86
Figure B54 : Exemple d'impression de la synthèse graphique du phasage	87
Figure B55 : Assistant d'impression pour un projet écran simple avec vérifications à l'ELU, avec sélection des résultats à l'ELS pour l'impression	88
Figure B56 : Assistant d'impression projet 3D	89

TABLE DES TABLEAUX

Tableau B1 : Valeurs par défaut des jeux de coefficients partiels proposés dans l'Eurocode 7	19
Tableau B2 : Actions 2D disponibles pour la définition du phasage	42
Tableau B3 : Critères de définition des niveaux d'excavation et remblaiement après une géométrie du terrain naturel de type talus ou risberme	44
Tableau B4 : Actions 3D disponibles pour la définition du phasage	54
Tableau B5 : Fichiers texte générés lors de l'Export des résultats	79

B.1. Introduction

B.1.1 Présentation de K-Réa

K-Réa permet d'étudier le comportement des écrans de soutènement plans ou circulaires soumis à une série de phases de construction par la méthode de calcul aux coefficients de réaction.

K-Réa permet d'analyser trois types de projets :

- Projets « **Ecran simple** » : comprenant un seul écran de soutènement ;

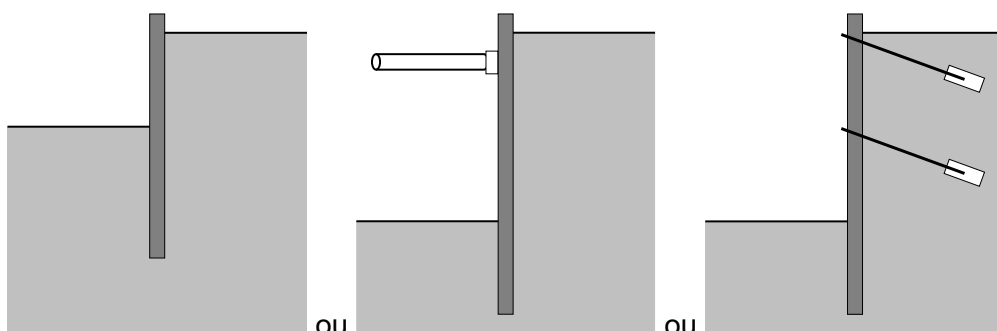


Figure B1 : Exemples de projets « écran simple »

- Projets **Double-écran** : comprenant deux écrans liés par un ensemble de liaisons.

Nota : on désigne par double-écrans dans ce manuel à la fois les double-écrans et les contre-écrans.

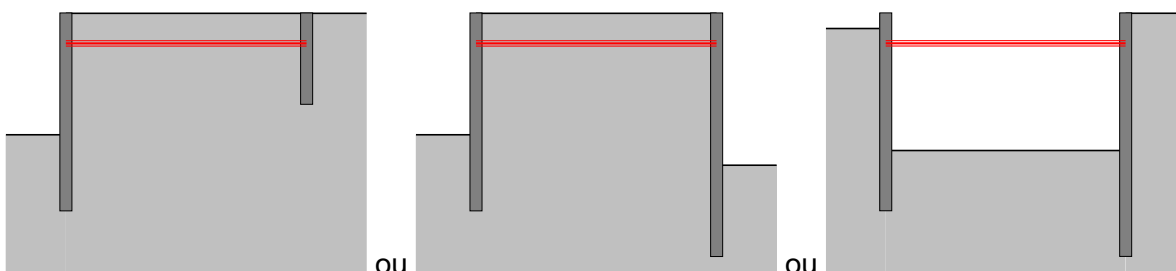


Figure B2 : Exemples de projets « double-écran »

- Projets **Ecran 3D** : ce type de projet permet de modéliser une fouille en prenant en compte l'effet tridimensionnel de la structure (butons d'angle, effet « boîte », etc...).

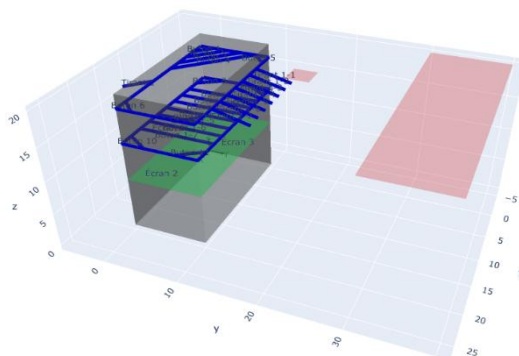


Figure B3 Exemple Projet 3D

K-Réa fonctionne dans l'environnement Windows®, ce qui confère à l'interface une utilisation intuitive et une réelle simplicité pour la saisie de données. De plus, l'affichage graphique du phasage de calcul permet de contrôler en « temps réel » la saisie des actions validées.

Les principales étapes de définition d'un projet sont les suivantes :

1. Définition des options générales du projet : type de projet, système d'unités, options hydrauliques, options des vérifications ELU, etc...
2. Définition des caractéristiques des couches de sol
3. Définition des propriétés de l'écran
4. Définition du phasage de calcul : création des phases et actions
5. Lancement des calculs
6. Affichage des résultats

B.1.2 Conventions

B.1.2.1. Unités

Deux systèmes d'unités sont proposés dans K-Réa : le système métrique et le système impérial. Le système métrique se décline lui-même en 3 sous-systèmes basés sur les kN, MN ou t. Le système d'unités est choisi pour chaque projet dans le Menu **Données, Titre et Options**.



Les calculs menés par K-Réa sont établis pour une longueur unitaire de l'écran, ainsi la quasi-totalité des données et des résultats se rapportent à cette convention. L'unité /ml (par mètre linéaire) ou /lft (par pied linéaire) est rappelée de manière explicite dans tous les paramètres définis par longueur unitaire (données et résultats). L'absence de ce suffixe (/ml ou /lft) signifie que le paramètre en question ne s'exprime pas en termes de la longueur unitaire.

Le tableau ci-dessous donne les correspondances pour chaque type de grandeur entre le système d'unités « métrique (kN) » et le système « impérial ». Le suffixe (/m) ou (/ft) est rajouté en plus dans les grandeurs exprimées par unité de longueur ou de surface.

Grandeur	Unité dans le système métrique	Unité dans le système impérial
Distance ou cote	m	Ft
Déplacement	mm	In
Force et effort	kN/m	kip/ft
Pression	kN/m/m	kip/ft/ft
Poids volumique	kN/m ³	Kcf
Produit d'inertie	kNm ² /m	kip.ft ² /ft
Raideur linéique	kN/m/m	kip/ft/ft
Raideur surfacique	kN/m ² /m	ksf/ft
Moment	kN.m/m	kip.ft/ft

Tableau B1 : Correspondance des systèmes d'unités métrique et impérial

Dans ce manuel, les unités correspondant à chaque type de donnée ou de résultat seront indiquées en système « métrique (kN) » et en système « impérial ». Toutefois les systèmes « métrique (MN) » et « métrique (t) » sont également disponibles dans le logiciel.

B.1.2.2. Projets double-écran

Dans le cadre des projets double-écran, K-Réa utilise la notation **Ecran 1** pour désigner l'écran de **gauche** et la notation **Ecran 2** pour désigner l'écran de **droite**.

Il est recommandé de définir pour l'écran 1 celui qui aura le phasage de construction le plus long. Il ne s'agit pas d'une obligation, mais d'une simple recommandation qui permet d'optimiser les manipulations lors de la définition du phasage.

Dans le cadre d'un projet double-écran, chaque côté de l'écran est identifié par convention avec la notation suivante :

- **Gauche** ou **Droite/E.2R** pour l'écran 1 (écran de gauche) ;
- **Gauche/E.2R** ou **Droite** pour l'écran 2 (écran de droite).

B.1.2.3. Projet « Ecran 3D »

Dans le cadre des projets « écran 3D », chaque écran est associé à un numéro, identifiable sur la vue 3D ou sur la vue en plan proposée dans le logiciel. Chaque côté de chaque écran est identifié par convention avec la notation suivante :

- **Intérieur** ;
- **Extérieur**.

Lorsque la fouille est un polygone, la détection du côté est automatique. Dans le cas d'une fouille définie par polyligne ouverte, l'intérieur est par défaut à gauche dans le sens de parcours des segments.

B.1.2.4. Conventions de signes

Celles-ci sont décrites dans la partie C du manuel.

B.1.2.5. Conventions relatives aux actions du phasage

Toutes les actions du phasage sont représentées graphiquement sur l'interface de K-Réa. Ce qui est pris en compte dans le calcul correspond donc à ce qui est représenté sur l'interface.

Tout projet K-Réa est constitué d'une phase initiale et d'un ensemble de phases courantes. Comme son nom l'indique, la phase initiale sert à définir l'état du terrain avant toute interaction du sol avec l'écran, autrement dit c'est une phase d'initialisation des contraintes.

Seules les actions permettant de définir l'état initial sont disponibles.

L'ensemble des actions utilisables sont présentées en détail dans le chapitre 0.

B.1.3 Extension des fichiers de données K-Réa v6

Les fichiers de données K-Réa v6 ont pour extension **.K6P**. Seul ce fichier est nécessaire lorsque vous souhaitez échanger vos données de calcul avec un autre utilisateur K-Réa v5.

K-Réa v6 permet la relecture et l'importation des projets K-Réa v5 (extension k5p), K-Réa v4 (extension .K4P), K-Rea v3.1 (extension .K3P) et K-Réa v3.0 (extension .KRP).

K-Rea v6 ouvre des projets au format kreascript, cf. manuel « K-Réa v6 - Manuel Script ».

B.2. Présentation générale de l'interface

B.2.1 Fenêtre de lancement



Figure B4 : Fenêtre de lancement de K-Réa

La fenêtre de lancement permet de :

- Choisir la langue qui sera utilisée par l'interface de K-Réa
- Lancer le logiciel K-Réa. Si vous ne disposez d'aucune licence, vous aurez accès au mode de démonstration et la possibilité de faire une demande de clé d'évaluation, gratuite, valable 30 jours.
- Envoyer un mail au Pôle Logiciels de Terrasol (service Formations)
- Accéder au site internet de Terrasol (en cliquant sur le logo Terrasol ou bien sur le lien Formations)

La version installée de K-Réa est également indiquée dans le titre de la fenêtre.

B.2.2 Fenêtre principale

La fenêtre principale de K-Réa permet d'accéder à l'ensemble des fonctionnalités disponibles pour la définition d'un projet. Les fenêtres secondaires correspondent aux fenêtres de saisie des données, aux assistants ou aux résultats.

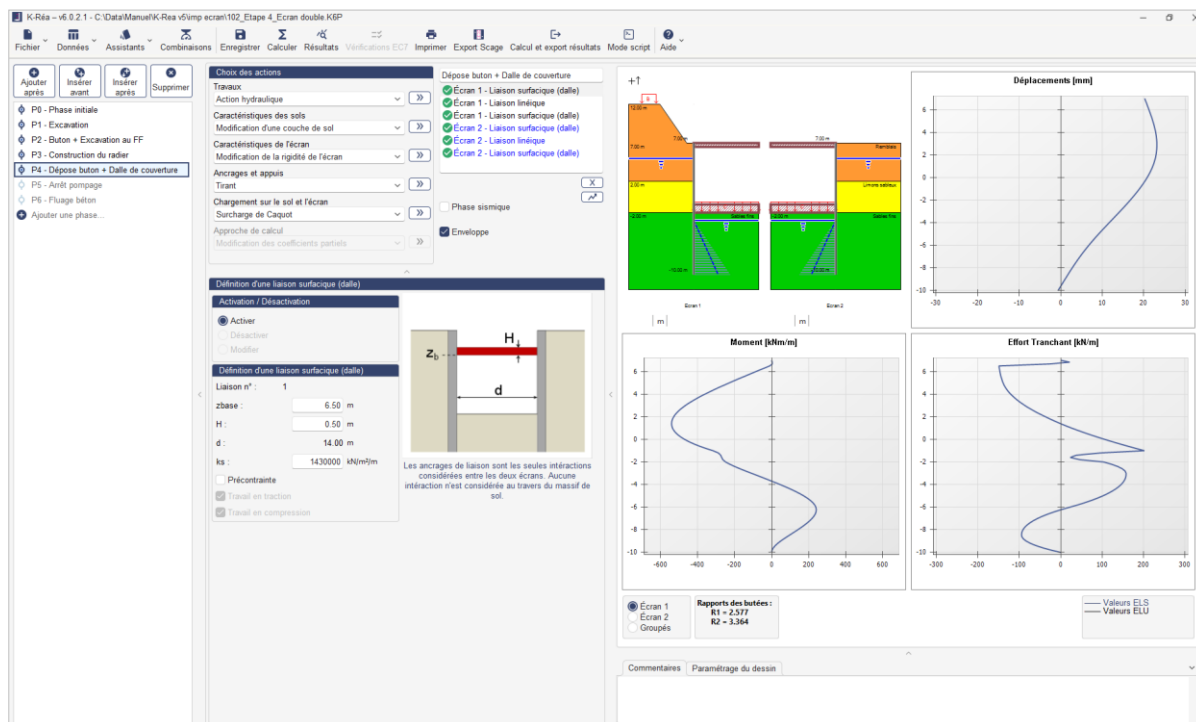


Figure B5 : Fenêtre principale

Sur la fenêtre principale sont affichés :

- La barre de titre qui spécifie le numéro complet de la version utilisée, le nom et le chemin du fichier du projet
- La barre de menus, décrite en détail au chapitre B.2.3
- La barre de boutons et des lignes de menu, présentée au chapitre B.2.3
- La coupe du projet, présentée sous forme d'un onglet par phase
- Le cadre de gestion du phasage, détaillé au chapitre **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**
- Un onglet "Commentaires" qui s'imprimera dans la synthèse graphique de la phase (1 commentaire par phase)
- Un onglet **Paramètres de dessin** permettant l'affichage des caractéristiques des actions. Cet onglet agit sur l'ensemble du projet
- L'unité et la cote (ou profondeur), correspondant à la position de la souris lorsque celle-ci se trouve sur le dessin de la coupe du projet, s'affichent en bas à gauche du graphique

B.2.3 Fonctionnalités

Les menus sont accessibles par simple clic sur leur intitulé et peuvent faire apparaître des sous-menus. Ils permettent de gérer l'ensemble de fonctionnalités liées à l'environnement Windows® et celles propres à K-Réa.

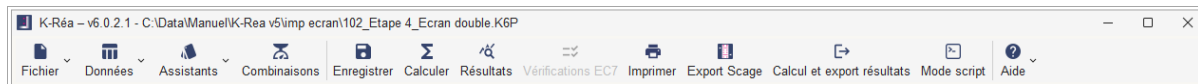


Figure B6 : Menu principal

Les lignes de menu ont chacune une icône permettant d'illustrer l'action correspondante. Celles-ci sont listées ci-dessous

B.2.3.1. Boutons et lignes de menu

- Boutons correspondant aux lignes du menu **Fichier** :
 - **Nouveau** : Initialise la création d'un nouveau projet
 - **Ouvrir** : Ouvre un projet existant depuis l'explorateur de fichiers
 - **Ouvrir un exemple** : Ouvre un projet déjà calculé. Pour le modifier, il convient de l'enregistrer dans votre environnement préalablement.
 - **Enregistrer** : Enregistre les modifications dans le projet en cours
 - **Enregistrer sous** : sauvegarde les données saisies dans un autre fichier que celui relatif au projet en cours d'exécution. Le nom donné au nouveau fichier doit être conforme aux formats d'écriture Windows®.
 - **Imprimer** : Ouvre la boîte de dialogue des impressions (accessible uniquement si le projet est déjà calculé)
 - **Option du programme** : Ouvre la boîte de dialogue "Options du programme" (choix par défaut du répertoire de sauvegarde des fichiers projets et système d'unité),
 - **Quitter** : Ferme le projet en cours
- Boutons correspondant aux lignes du menu **Données** :
 - **Titre et Options** : Ouvre la boîte de dialogue "Titre et Options"
 - **Définition des couches de sol** : Ouvre la boîte de dialogue "Définition des couches de sol"
 - **Définition de l'écran** : Ouvre la boîte de dialogue "Définition de l'écran"
- Boutons correspondant aux lignes du menu **Assistants** :
 - Assistant coefficients de poussée et butée des terres de **KERISEL et ABSI**
 - Assistant coefficients de poussée et butée des terres de **COULOMB**
 - Assistant coefficients de poussée et butée des terres de **RANKINE**
 - Assistant Coefficients de réaction

- Boutons
 - **Enregistrer** : sauvegarde le projet en cours
 - **Calculer** : lance les calculs du projet en cours
 - **Résultats** : affiche les résultats du projet (accessible uniquement si le projet est déjà calculé)
 - **Vérifications ELU** : affiche les résultats des vérifications à l'Eurocode 7 (accessible uniquement si le projet est déjà calculé) si ces dernières ont été demandés en amont, dans la fenêtre "Titre et Options"
 - **Combinaisons** : Affiche la fenêtre des jeux de combinaison
 - **Export Scage** : permet la passerelle avec le logiciel [Scage](#) (Analyse structurale des écrans de soutènement en béton armé)
 - **Calcul et export des résultats** : lance le calcul du projet et exporte les résultats au format texte.
 - **Mode Script / Mode interface** : permet de basculer d'un mode à l'autre. Le Mode script est décrit dans le manuel dédié, accessible depuis l'interface **Aide Script**.
- Boutons correspondant aux lignes du menu Aide :
 - « à propos » de K-Réa
 - Historique des mises à jour
 - Manuels
 - Site internet de Terrasol

B.2.3.2. Raccourcis clavier

La liste ci-dessous résume l'ensemble des raccourcis-clavier disponibles dans K-Réa (certains d'entre eux sont également explicités dans les menus) :

- **Ctrl+N** : crée un nouveau projet
- **Ctrl+O** : ouvre un fichier à sélectionner dans l'explorateur de fichiers
- **Ctrl+S** : enregistre le fichier courant
- **Ctrl+Shift+S** : enregistre le fichier courant sous un nouveau nom
- **Ctrl+P** : ouvre la boîte de dialogue de l'assistant d'impression
- **Ctrl+Q** : lance les calculs
- **Ctrl+R** : ouvre la fenêtre des résultats

B.2.3.3. Menus contextuels

Ces menus additionnels ne sont pas affichés de manière permanente sur la fenêtre principale de K-Réa. C'est un clic droit sur certaines zones qui commande leur apparition.

Menu contextuel pour les graphiques et les tableaux

Chaque graphique ou tableau de résultats dispose d'un menu contextuel spécifique. Ce menu contextuel est accessible par un clic droit sur le graphique ou le tableau en question.

Un clic droit à l'intérieur du cadre d'un graphique fait apparaître un assistant d'exportation permettant d'exporter le graphique sous forme d'image :

- **Sélection au format image vers le presse-papiers** : copie le graphique sous forme d'image dans le presse-papiers de Windows® ce qui permet de le coller dans un document (Microsoft Excel®, Microsoft Word®, etc.),

- **Sélection vers un fichier image (.png)** : crée un fichier image d'extension ".png" dans votre environnement.

Nota : les autres formats d'export sont grisés car ils sont sans objet pour les graphiques. Ils sont fonctionnels lors de l'export des tableaux.

Un clic droit sur un tableau fait apparaître un assistant d'exportation de tableau :

- **Sélection au format Excel vers le presse-papiers** : copie le tableau sélectionné sous format Excel dans le presse-papiers de Windows® ce qui permet de le coller dans un document (Microsoft Excel®, Microsoft Word®, etc.),
- **Sélection au format CSV vers le presse-papiers** : copie le tableau sélectionné sous format CSV (valeurs séparées par des points-virgules) dans le presse-papiers de Windows® ce qui permet de le coller dans un document (Microsoft Excel®, Microsoft Word®, etc.),
- **Sélection vers un fichier Excel (.xls)** : crée un fichier Excel, d'extension ".xls", contenant les données sélectionnées.

Menu contextuel sur les tableaux de synthèse

Le même menu que celui décrit ci-dessus apparaît quand on effectue un clic droit sur le tableau de l'onglet de données, où il est possible d'exporter la définition des couches de sol. L'option de copie dans le presse-papiers est également accessible pour le tableau de définition de l'écran.

B.2.4 Fonctionnement de l'updater

Par défaut, le raccourci K-Réa mis en place lors de l'installation initiale du logiciel lance **K-Réa (TerrasolUpdater)**.

L'Updater permet la mise à jour automatique du logiciel K-Réa. L'utilitaire TerrasolUpdater se connecte automatiquement à un serveur de mises à jour pour vérifier si une nouvelle version du logiciel K-Réa est disponible. Si tel est le cas, il propose à l'utilisateur de mettre à jour son logiciel, celui-ci peut alors accepter ou refuser.

- S'il accepte, l'Updater télécharge et installe la mise à jour, puis lance automatiquement le logiciel K-Réa,
- S'il refuse, l'Updater n'installe aucune mise à jour et lance automatiquement le logiciel K-Réa.

Enfin, si aucune nouvelle mise à jour n'est disponible, l'Updater lance automatiquement le logiciel K-Réa.

Dans le cas où un utilisateur a plusieurs mises à jour de retard lors du lancement de l'Updater, elles lui sont toutes successivement proposées. S'il refuse une mise à jour donnée « n », celles suivantes (n+1, etc.) ne sont pas proposées, jusqu'à ce que la mise à jour « n » ait été effectuée.

Lorsqu'aucune connexion Internet n'est disponible, ou que les différentes passerelles de sécurité empêchent l'accès au serveur de mises à jour, l'Updater ne s'affiche pas et lance directement le logiciel K-Réa.

B.3. Les données du projet

La définition des données, sauf celles du phasage, se fait via trois boîtes de dialogue : **Titre et Options**, **Définition des couches de sol** et **Définition de l'écran (2D) / Définition de la structure (3D)**, toutes accessibles depuis le menu Données. Une boîte de dialogue supplémentaire, rangée dans la barre des menus, permet la **Définition des combinaisons de charges**.

K-Réa permet de saisir les paramètres de la façon suivante :

- Le symbole à gauche
- Champ de saisie au centre
- L'unité à droite (sauf pour les données sans unité)
- La définition se trouve en info bulle

Des contrôles existent sur certains champs de saisie. Lorsque ceux-ci ne sont pas respectés, le paramètre s'affiche en rouge. En fonction du type de paramètre, une explication peut s'afficher dans l'info-bulle pour aider l'utilisateur à corriger la saisie.

Les chapitres B.3.1 à 0 décrivent le fonctionnement des boîtes de dialogue du menu Données pour le cas d'un projet écran simple.

Le chapitre B.3.4 donne les particularités de saisie propres aux projets double-écrans.

Le chapitre **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** est consacré à la définition des combinaisons de charges.

B.3.1 Titre et Options

B.3.1.1. Options générales

Les options générales du projet sont à définir dans la boîte de dialogue **Titres et Options** accessible depuis le menu **Données**.



Figure B7 : Boîte de dialogue « Titre et Options » (projet écran simple)

Cette boîte de dialogue est composée de cadres qui sont présentés ci-dessous :

- **Titre / N° d'affaire** : cette zone est réservée à la définition d'un titre et d'une référence du projet (le remplissage n'est pas obligatoire),

Choix des unités : il est possible de travailler en système métrique (kN, MN ou t) ou en système impérial. Les unités choisies sont valables pour les données d'entrée et les résultats. Si les données d'entrée du projet existent déjà, K-Réa convertit ces valeurs vers le nouveau système d'unités,

- **Définition du projet en** : cette option sert à orienter l'axe vertical vers le haut « Cotes » ou vers le bas « Profondeurs ». Elle est valable pour tous les niveaux du projet et n'est plus modifiable dès que le projet est créé. L'option « Cotes » est cochée par défaut,
- **Vérifications complémentaires** : ce cadre permet d'activer les vérifications ELU, notamment celles relatives au défaut de butée, d'équilibre vertical et de stabilité du massif d'ancrage (Kranz). Le jeu de coefficients partiels choisi par défaut correspond à l'approche 2/2* de la norme NF P94-282, les jeux découlant des autres approches de l'Eurocode 7 sont également disponibles. La modification d'un jeu existant ou la création d'un jeu personnalisé est faisable en cliquant sur le bouton situé à droite de la liste déroulante « ... » (cf. chapitre B.3.1.3) ;

Ces vérifications sont accessibles aussi bien pour les projets écran simple que pour les projets double-écran.

- **Options de calcul** : dans ce cadre, il est possible de
 - Tenir en compte des effets de 2nd ordre, pour les projet 2D uniquement, (cf. Partie C du manuel) en cochant la case correspondante (décochée par défaut).
 - Prendre en compte des effets thermiques, pour les projet 3D uniquement, (cf. Partie C du manuel) en cochant la case correspondante (décochée par défaut).
 - Modifier le nombre maximal d'itérations par phase, pris égal à 100 par défaut,
 - Définir le pas de calcul, correspondant au pas de découpage de l'écran, affecté par défaut d'une valeur de 0,20 m (ou 0,66 ft en système impérial).

Dans ce même cadre, un bouton permet d'accéder aux options de calcul avancées.

- **Option des graphiques** : en cochant la case « Même échelle pour tous », une échelle commune est affectée à tous les graphiques présentant le même type de résultat. Cette case est décochée par défaut.
- **Options hydrauliques** : ce cadre permet
 - La définition du poids volumique de l'eau et le choix du mode de définition du gradient hydraulique (Potentiels ou Pressions). Par défaut, le poids volumique de l'eau est pris égal à 10 kN/m³ (0,0624 kcf en système impérial)
 - De choisir la méthode de définition du gradient hydraulique : Potentiels (valeur par défaut) ou Pressions.
- **Type de projet** : ce cadre est réservé au choix du type de projet (Ecran Simple, un Double-Ecran ou un Ecran 3D) en sélectionnant l'icône correspondante. Si un projet double-écran est sélectionné, K-Réa demande de saisir la distance entre les deux écrans, dans le cadre **Options double écran**. Ce chapitre étant consacré au cas d'écran simple, il faut se référer au chapitre B.3.4 pour les particularités liées aux projets double-écran.

B.3.1.2. Options de calcul avancées

Le cadre **Options de calcul** permet de préciser les éléments suivants :

- La tolérance relative contrôlant la convergence, égale par défaut à 10⁻⁴
- La raideur de liaison poutre/écran, égale à 1^e10 kN/m par défaut
- La précision d'interprétation de la géométrie (en m), égale par défaut à 10⁻³ m, soit 1 mm
- Mode de travail des ancrages (tirants scellés exceptés) : il est possible de choisir entre un travail **dès la phase d'activation** ou un travail **uniquement à partir de la phase suivante** (seule alors la précontrainte est prise en compte dans la phase d'activation).

Ce choix s'applique à tous les ancrages qui seront définis dans le projet (cf. partie C du Manuel pour les différences théoriques liées à ces deux options).

- Le choix de la méthode de calcul des talus et des risbermes :
 - Surcharges équivalentes : l'effet d'un talus ou d'une risberme est simulé par une superposition de surcharges équivalentes à leur poids. Cette approche n'est pas conseillée, conformément à la norme NF P94-282.
 - Modèle norme : l'effet d'un talus ou d'une risberme est simulé conformément aux approches proposées dans l'annexe D de la norme NF P94-282.
 - Calcul à la rupture (mécanisme plan) : l'effet d'un talus ou d'une risberme vis-à-vis des diagrammes de poussée/butée limite est estimé par la méthode cinématique du calcul à la rupture à partir en considérant une cinématique de rupture plane.
 - Calcul à la rupture (mécanisme en arc de spirale) : l'effet d'un talus ou d'une risberme vis-à-vis des diagrammes de poussée/butée limite est estimé par la méthode cinématique du calcul à la rupture à partir en considérant une cinématique de rupture rotationnelle avec des arcs de spirale.
- Le cadre **Méthode de référence pour le recalcul de k_a/k_p** permet de choisir parmi les trois méthodes disponibles : Kérisel (correspondant aux tables de Kérisel et Absi), Coulomb et Rankine.

Commentaire : En fonction du paramètre appliqué sur la tangente de l'angle de frottement (γ_r , voir § B.3.1.3), il se peut que la valeur de calcul de l'angle de frottement soit différente de sa valeur caractéristique définie par l'utilisateur. Dans ce cas-là, les valeurs de k_a/k_p seront recalculées automatiquement par le moteur de calcul. L'option ci-dessus permet de fixer la méthode de recalcule de ces paramètres.

Le cadre **Options Kranz** définit le paramétrage de la vérification de la stabilité du massif d'ancrage (Kranz) :

- Choix de la méthode de calcul pour l'examen de l'équilibre limite du massif d'ancrage : méthode des tranches (Bishop) avec un choix entre **Surface plane** ou Surface spirale, ou méthode du Calcul à la rupture avec surface de rupture multispirale. Les aspects théoriques liés à ces options sont détaillés dans la partie C du manuel.
- Le cadre Options des graphiques permet
 - D'afficher les valeurs caractéristiques issues du calcul ELU
 - De calculer l'ELS pour les phases sismiques
 - De calculer l'ELS pour les phases accidentelles

B.3.1.3. Définition des coefficients partiels



Figure B8 : Boîte de dialogue de définition des coefficients partiels

Cette fenêtre permet de visualiser et modifier les coefficients partiels de sécurité/pondération utilisés dans les calculs et vérifications aux ELU. Deux jeux de paramètres sont disponibles, regroupés chacun dans un onglet, un correspond au calcul MISS et l'autre est relatif au MEL. Certains paramètres sont communs entre ces jeux de paramètres, ils sont modifiables dans l'onglet MISS et uniquement visualisables dans l'onglet MEL.

Les valeurs proposées par défaut sont celles issues de l'une des approches (1, 2 ou 3) de l'Eurocode 7 et de sa norme d'application française NF P94-282. Il est toutefois possible de les modifier pour les adapter à l'application d'autres références réglementaires.

Le bouton **Valeurs par défaut** permet de réinitialiser les coefficients avec les valeurs correspondant à l'approche choisie dans la liste déroulante « Coef. Partiels » qui est d'ailleurs récapitulée dans le titre de la fenêtre de l'assistant.

Le bouton **Valeurs unitaires** permet d'affecter une valeur de 1,0 à tous les coefficients. De cette manière, il est possible d'effectuer les vérifications sans appliquer de pondérations.

- Note 1 : Les coefficients γ_{anc} et γ_{krz} sont applicables exclusivement dans le cadre d'un calcul de type MISS.
- Note 2 : En fonction du paramètre appliqué sur la tangente de l'angle de frottement ($\gamma_{\phi'}$, voir §B.3.1.3), il se peut que la valeur de calcul de l'angle de frottement soit différente de sa valeur caractéristique définie par l'utilisateur. Dans ce cas-là, les valeurs de k_a/k_p seront recalculées automatiquement par le moteur de calcul. L'option ci-dessus permet de fixer la méthode de recalcul de ces paramètres.

- Le tableau ci-dessous récapitule l'ensemble de valeurs par défaut proposées pour le modèle MISS pour chaque approche de calcul :

Catégorie	Coefficient partiel	Symbole	Approche			
			1.1	1.2	2/2*(¹)	3
Sol-Eau-Ecran	Poussée limite du sol	γ_{Pa}	1.35	1.00	1.00	1.00
	Pression d'eau	γ_{Pw}	1.35	1.00	1.00	1.00
	Poids propre de l'écran	γ_w	1.35	1.00	1.00	1.00
Surcharge sur le sol	Permanente	γ_G	1.00	1.00	1.00	1.00
	Variable	γ_Q	1.11	1.30	1.11	1.30
Surcharge sur l'écran	Permanente favorable	$\gamma_{G,inf}$	1.00	1.00	1.00	1.00
	Permanente défavorable	$\gamma_{G,sup}$	1.35	1.00	1.00	1.35
	Variable défavorable	$\gamma_{Q,inf}$	1.50	1.30	1.11	1.50
Effets des actions		γ_E	1.00	1.00	1.35	1.00
Paramètres de sol	Cohésion effective	$\gamma_{c'}$	1.00	1.25	1.00	1.25
	Angle de frottement effectif	$\gamma_{\phi'}$	1.00	1.25	1.00	1.25
	Cohésion non drainée	$\gamma_{c,u}$	1.00	1.40	1.00	1.40
Résistances	Butée limite du sol – Phase durable	$\gamma_{pb,D}$	1.00	1.00	1.40	1.00
	Butée limite du sol – Phase transitoire	$\gamma_{pb,T}$	1.00	1.00	1.10	1.00
	Résistance des appuis	γ_{anc}	1.10	1.10	1.00	1.00
	Effort d'ancrage déstabilisant (Kranz)	γ_{krz}	1.00	1.00	1.10	1.00

Tableau B1 : Valeurs par défaut des jeux de coefficients partiels proposés dans l'Eurocode 7

(¹) Le modèle 2* est uniquement valable pour la méthode MISS (voir partie C du manuel pour plus de détail et en particulier pour les valeurs proposées pour le modèle MEL).

B.3.2 Définition des couches de sol

B.3.2.1. Boîte de dialogue de définition des caractéristiques des sols

Cette boîte de dialogue est accessible en cliquant sur le menu **Données** puis sur **Définition des couches de sol**. Elle sert à définir, pour chaque écran, les paramètres intrinsèques ainsi que les caractéristiques définissant l'interaction sol-écran (loi de comportement).

Nom couche	z [m]	Y [kN/m³]	Y' [kN/m³]	Compo...	φ [°]	c [kN/m²]	dc [kN/m²/m]	k0	kay	kpy	kd	kr	kac	kpc	kh [kN/m²/m]	dkh [kN/m²/m]	δ...	δ...	kay,min	pmax [kN/m/m]
1 Argiles 1	1...	2...	1...	Drainé	1...	5.00	0.000	0...	0...	2...	0...	0...	1...	3...	1...	0	0...	-0...	0.100	700.00
2 Argiles 2	1...	2...	1...	Drainé	1...	1...	0.000	0...	0...	2...	0...	0...	1...	3...	1...	0	0...	-0...	0.100	800.00
3 Sables	1...	2...	1...	Drainé	3...	0.00	0.000	0...	0...	7...	0...	0...	0...	4...	0	0...	-0...	0.100	1000.00	

Tableau de synthèse et de sélection des données

Cadre de saisie

Figure B9 : Boîte de dialogue des caractéristiques des couches de sol

La boîte de dialogue est divisée en deux parties. En haut, un tableau de synthèse affiche la totalité de données et permet de sélectionner une couche. En bas, un cadre de saisie permet de définir ou de modifier les caractéristiques de la couche sélectionnée dans le tableau de synthèse, ainsi que d'accéder à la Base de Données des Sols.

La base de données (BDD) des sols permet de garder en mémoire une couche de sol et ses caractéristiques. Celles-ci pourront ainsi être réutilisées pour définir une nouvelle couche de sol. Pour enregistrer une couche de sol, après avoir validé le sol dans le tableau de synthèse, cliquer sur **Afficher la Bdd des sols**, puis sur la flèche orientée vers la droite.

A l'inverse, si on veut utiliser une couche en mémoire, cliquer sur **Afficher la Bdd des sols**, puis sélectionner la couche recherchée en cliquant dessus, enfin cliquer sur la flèche orientée vers la gauche. Il est possible d'effacer une couche en mémoire en la sélectionnant, puis en cliquant sur la corbeille située sous la liste.

Lorsque la saisie d'une couche est terminée, cliquer sur le tableau de synthèse dans la partie supérieure pour la valider ou sur le bouton **Valider Sol**, puis cliquer sur **Nouveau** pour commencer la saisie d'une nouvelle couche ou bien sur **Valider et Quitter** pour terminer la saisie de l'ensemble des couches. Les couches de sol sont réordonnées automatiquement en fonction de son niveau supérieur (z). Une couche de sol peut être supprimée en cliquant sur **Supprimer**.

Dans la zone de saisie, il convient tout d'abord de renseigner **z_w** : niveau initial du toit de la nappe phréatique (m, ft). Ce niveau est commun pour toutes les couches de sol qui seront définies au droit de l'écran concerné.

Il convient ensuite de renseigner les champs de saisies concernant les **Caractéristiques de la couche** : cadres **Général** et **Loi de comportement**.

Une case à cocher permet d'activer les paramètres avancés (**dc**, **dk_h**, **k_d**, **k_r**, **k_{ay,min}** et **p_{max}**) afin de pouvoir les modifier. Lorsque cette case est décochée, ces paramètres prennent les valeurs par défaut suivantes :

- **dc = 0** (kN/m²/m, ksf/ft)
- **dk_h = 0** (kN/m²/m/m, ksf/ft/ft)
- **k_d = k₀**
- **k_r = k₀**
- **k_{ay,min} = 0,10**
- **p_{max} = 10⁴** (kN/m/m, kip/ft)

Attention : la fermeture des boîtes de dialogue par un clic sur la croix en haut à droite de la fenêtre entraînera la fermeture de celles-ci sans enregistrement des modifications effectuées (équivalent à un clic sur le bouton **Annuler et Quitter**).

Des assistants pour la détermination des différents coefficients sont disponibles et accessibles via les boutons situés sur la boîte de dialogue.

Un clic sur le bouton **Assistant Automatiques** permet de calculer en une seule fois les valeurs des coefficients **k₀**, **k_{ay}**, **k_{py}**, **k_d**, **k_r**, **k_{ac}** et **k_{pc}** selon les choix suivants :

- **k₀** : formule de Jaky pour un sol horizontal normalement consolidé (ROC « rapport de surconsolidation » = 1 et β « inclinaison du TN » = 0°)
- **k_{ay}** : assistant Kerisel et Absi – Poussée, milieu pesant, sans cohésion, sans surcharge pour un écran vertical et un sol horizontal (λ « obliquité de l'écran » = 0° et β « inclinaison du TN » = 0°)
- **k_{py}** : assistant Kerisel et Absi – Butée, milieu pesant, sans cohésion, sans surcharge pour un écran vertical et un sol horizontal (λ « obliquité de l'écran » = 0° et β « inclinaison du TN » = 0°)
- **k_d = k_r = k₀**
- Si la cohésion est nulle, alors : **k_{ac} = k_{pc} = 0**
- Si la cohésion est non nulle : **k_{ac}** et **k_{pc}** sont obtenus grâce à l'assistant correspondant (aucune valeur à renseigner, tout est déjà connu pour cet assistant)

Pour les projets 3D les paramètres suivants peuvent être définis :

- **k_{v,radier}** : Coefficient de réaction vertical du radier (kN/m²/m)
- **q_{max}** : Pression limite verticale pour un radier (kN/m²)
- **K_q** : Raideur linéique en base de l'écran (kN/m/m)
- **Q_b** : Charge linéique limite en base de l'écran (kN/m)

Le bouton situé à côté de chaque coefficient permet d'accéder à l'assistant correspondant pour une définition manuelle des paramètres de la loi de comportement.

L'ensemble des assistants sont décrits dans les chapitres suivants. Ces assistants sont accessibles via :

- La définition initiale des couches de sol
- L'action de définition d'un remblai (cf. chapitre B.5.1.1.3)
- L'action de redéfinition des couches de sols (cf. chapitre B.5.1.2.1)
- L'action de définition des coefficients MEL (cf. chapitre B.5.3.1)
- ou indépendamment du projet en cours, via le menu **Assistants**.

ATTENTION : les assistants sont une aide apportée à l'utilisateur mais leur utilisation reste de la responsabilité de l'utilisateur.

B.3.2.2. Assistants à la détermination des coefficients de poussée et butée des terres

L'assistant k_{ay}/k_{py} calcule les valeurs des coefficients de poussée et de butée par l'une des trois méthodes proposées :

- la lecture des tables de Kerisel & Absi
- la méthode du coin de Coulomb
- la formule de Rankine

Les bases théoriques utilisées par ces assistants sont détaillées dans la partie C du manuel. Seule leur manipulation est décrite dans la suite du présent chapitre.

B.3.2.2.1. Tables de poussée et de butée des terres de KERISEL et ABSI

Cet assistant se présente sous la forme d'une boîte de dialogue comme illustrée ci-dessous. Elle est composée d'une partie de consultation libre (côté droit) et d'une partie de paramétrage pour la détermination des coefficients par interpolation (l'assistant proprement dit – côté gauche).

Les valeurs de l'angle de frottement et celles des obliquités saisies dans la boîte de définition des caractéristiques des couches de sol sont récupérées automatiquement.

Figure B10 : Tables de poussée et de butée des terres de Kerisel et Absi

Il convient de sélectionner le type de tables à consulter dans la liste déroulante en haut de l'écran :

Le contenu du cadre « Consultation des tables » se met à jour en fonction du type de tables sélectionné.

La valeur retenue, correspondant aux données saisies, est affichée en bas du cadre interactif, avec en complément la valeur ramenée à l'horizontale qui est celle utilisée dans les calculs. Cette valeur peut être ensuite transférée vers les données de la couche en cours de saisie en utilisant le bouton **Transférer**. Pour fermer l'assistant, cliquer sur **Quitter**.

Remarque : K-Réa effectue une interpolation linéaire pour les valeurs qui ne sont pas fournies dans les tables.

ATTENTION : les assistants sont une aide apportée à l'utilisateur mais leur utilisation reste de la responsabilité de l'utilisateur.

B.3.2.2.2. Formule de poussée et de butée des terres de COULOMB

Cet assistant se présente sous la forme d'une boîte de dialogue comme illustrée ci-dessous :

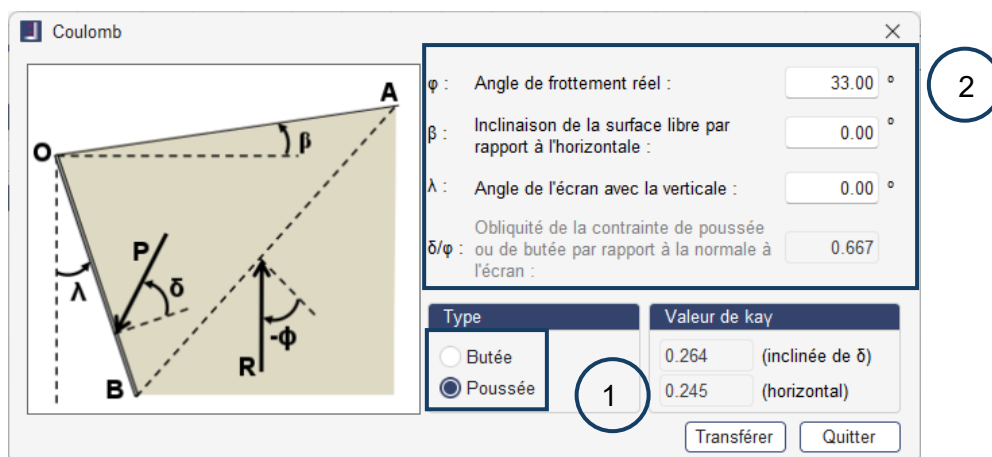


Figure B11 : Calcul des coefficients de poussée par la méthode du coin de Coulomb

Les valeurs de l'angle de frottement et celles des obliquités saisies dans la boîte de définition des caractéristiques des couches de sol sont récupérées automatiquement.

1. Sélectionner le type de calcul
2. Saisir les données nécessaires au calcul

Les valeurs calculées (inclinaison et ramenées à l'horizontale) sont affichées en bas à droite de la fenêtre. Ces dernières peuvent être transférées vers les données de la couche en cours de saisie en cliquant sur le bouton **Transférer**

ATTENTION : les assistants sont une aide apportée à l'utilisateur mais leur utilisation reste de la responsabilité de l'utilisateur.

B.3.2.2.3. Formule de poussée et de butée des terres de RANKINE

Cet assistant se présente sous la forme d'une boîte de dialogue comme illustrée ci-dessous :

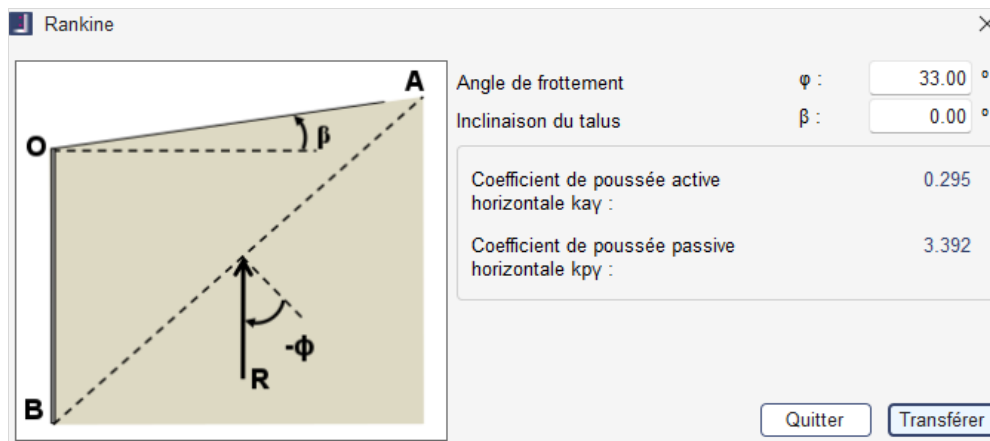


Figure B12 : Calcul des coefficients de poussée par la méthode de Rankine

La saisie de l'inclinaison du talus β suffit pour le calcul des coefficients de poussée active (poussée) et passive (butée) à partir de la formule de Rankine. Leurs projections horizontales s'affichent en rouge, prêtes à être transférées.

Remarque : l'assistant récupère automatiquement la valeur de l'angle de frottement saisie dans la boîte de définition des caractéristiques des couches de sols.

ATTENTION : les assistants sont une aide apportée à l'utilisateur mais leur utilisation reste de la responsabilité de l'utilisateur.

B.3.2.3. Assistant de détermination des coefficients k_{ac} et k_{pc}

Cet assistant propose une méthode de calcul pour déterminer les coefficients de poussée et de butée appliqués au terme de la cohésion.

Les formules utilisées sont données en partie C du manuel. Seule la manipulation de l'assistant est décrite ci-dessous.

L'assistant récupère automatiquement les valeurs saisies dans la boîte de définition des caractéristiques des couches de sols nécessaires à ce calcul : Les valeurs de k_{ac} et k_{pc} sont affichées en rouge et sont prêtes à être transférées.

ATTENTION : les assistants sont une aide apportée à l'utilisateur mais leur utilisation reste de la responsabilité de l'utilisateur.

B.3.2.4. Assistants à la détermination du coefficient de réaction

Cet assistant propose trois méthodes pour déterminer le coefficient de réaction : application de la formule de Balay, application de la formule de Schmitt et lecture des abaques de Chadeisson.

Les bases théoriques utilisées pour ces 3 méthodes sont détaillées dans la partie C du manuel. Seule la manipulation de l'assistant est décrite ci-dessous.

L'assistant est présenté sous la forme d'une fenêtre unique contenant

- En partie haute le choix de la méthode de calcul et le rappel des valeurs déterminées,
- En partie intermédiaire les paramètres à saisir pour le calcul, et enfin
- En partie basse la valeur proposée de k_h et les commentaires associés à la méthode utilisée.

Une fois saisis les paramètres d'entrée sont saisis, il est possible de transférer la valeur de k_h à l'aide du bouton **Transférer**.

Formule de BALAY

Il faut entrer les paramètres suivants :

- **Em** : module de déformation pressiométrique (kN/m^2 , KsF) de la couche de sol
- **α** : coefficient rhéologique de la couche de sol

Remarque : un assistant est mis à disposition pour la détermination de ce coefficient Il est extrait du fascicule 62 (LCPC-SETRA).

- **a** : paramètre à définir en fonction de la fiche de l'écran, de la hauteur soutenue ainsi que de la position relative de la couche concernée par rapport au fond de l'excavation. La dimension du paramètre « a » est une longueur.

Remarque : dans certains cas particuliers (même couche rencontrée de part et d'autre du fond de l'excavation), le choix du paramètre « a » nécessite de distinguer 2 couches de mêmes caractéristiques sauf pour la valeur de k_h . Cette dernière doit être calculée pour chaque côté de l'écran en affectant la valeur adéquate du paramètre « a ».

Formule de SCHMITT

Paramètres d'entrée :

- **E_m** : module de déformation pressiométrique de la couche (kN/m^2 , ksf)
- **α** : coefficient rhéologique de la couche. Un assistant est disponible pour déterminer ce paramètre en cliquant sur le bouton **Assistant**
- **Section** : si le produit EI de l'écran a été déjà renseigné dans la fenêtre **Définition de l'écran**, le paramètre « Section » donne directement accès aux valeurs de EI pour les différentes sections de l'écran. Dans le cas contraire, ce paramètre peut être laissé vide
- **EI** : produit d'inertie moyen de l'écran ($\text{kN.m}^2/\text{m}$, $\text{kip.ft}^2/\text{ft}$)

La valeur de k_h est alors calculée. Un clic sur le bouton permet de **Transférer** la valeur.

L'intérêt de cette approche réside dans la prise en compte de la variation du coefficient de réaction avec la rigidité de l'écran : plus celui-ci est rigide, moins le coefficient de réaction est grand, ce qui est bien représentatif de la réalité.

Abaques de CHADEISSON

La lecture des abaques se fait automatiquement après avoir saisi la valeur de la cohésion et celle de l'angle de frottement. Il est possible de vérifier la valeur de k_h proposée par lecture directe des abaques.

La reconstitution des abaques originaux a été faite de manière approchée. Il peut donc y avoir une très légère différence entre la lecture à l'écran et celle que peut faire l'utilisateur sur le papier.

B.3.2.5. Couleur des couches

Cet assistant est accessible en ouvrant le menu **Données**, puis **Définition des couches de sol** ainsi que dans l'action **Remblaiement**. Cette action déclenche l'ouverture de la boîte de dialogue de la définition des couches de sol. Il faut ensuite cliquer sur la couleur de couche à modifier pour ouvrir l'assistant « Couleurs ».

Il permet de choisir une couleur autre que celle prise par défaut lors de la création des couches de sol. Si les modifications sont validées, les couches de sol s'afficheront avec les nouvelles couleurs sur la coupe de projet.

B.3.3 Définition de l'écran (projets 2D)

B.3.3.1. Fenêtre de définition de l'écran

Cette boîte de dialogue est accessible en cliquant sur le menu **Données** puis sur **Définition de l'écran**. Elle sert à définir les caractéristiques de l'écran nécessaires au calcul.

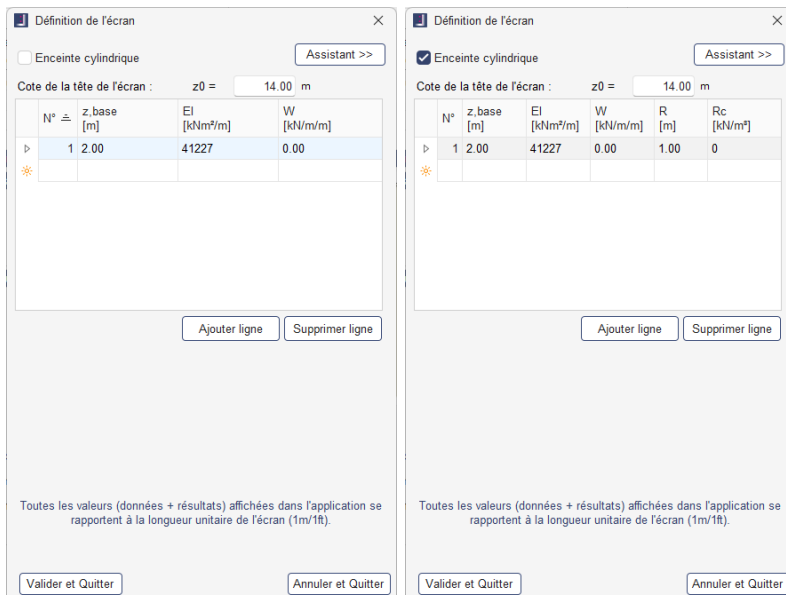


Figure B13 : Définition de l'écran :
paroi rectiligne (à gauche) et paroi circulaire (à droite)

La case à cocher en haut de la boîte de dialogue permet d'activer la définition d'une **enceinte cylindrique** si l'écran dispose d'une rigidité cylindrique (cf. figure à droite).

Chaque écran est défini par 3 paramètres : Z0 le niveau de la tête, Zbase le niveau du pied et EI le produit d'inertie de l'écran. En cas d'enceinte cylindrique l'interface demande W le poids surfacique, Rc la Rigidité cylindrique et R le rayon.

ATTENTION : les assistants sont une aide apportée à l'utilisateur mais leur utilisation reste de sa responsabilité.

B.3.3.2. Assistants pour la détermination de la rigidité de l'écran

K-Réa propose plusieurs assistants orientés vers trois types de familles d'écrans : paroi continue, paroi composite et rideau de palplanches. Ils sont accessibles depuis la fenêtre de définition de l'écran (Menu **Données**, puis **Définition de l'écran**).

Pour chaque famille, des données spécifiques sont demandées pour le calcul du produit EI et pour celui de la valeur Rc si l'option « Enceinte cylindrique » est activée.

Les bases théoriques utilisées par ces différents assistants sont détaillées dans la partie C du manuel. Seule la manipulation des assistants est décrite ci-après.

B.3.3.2.1. Paroi continue

Cet assistant permet de calculer le produit EI. En cas d'enceinte cylindrique, et de K-Rea permet de calculer Rc, pour différentes sections si besoin.

Figure B14 : Détermination du produit EI pour les parois planes continues

Figure B15 : Détermination de EI et Rc pour les parois cylindriques continues – plusieurs sections

La valeur obtenue pour EI, et éventuellement celles de R, Rc et W peuvent ensuite être renvoyées à la zone de saisie de gauche en utilisant le bouton **Transférer**.

B.3.3.2.2. Paroi composite

Cet assistant permet de calculer le produit EI par unité de longueur (m ou ft) d'éléments (pieux, profilés, barrettes, etc.) espacés ou jointifs constituant un écran plan. Pour chacun des 3 types proposés, l'utilisateur doit caractériser :

- Les éléments principaux (béton seul, acier seul ou section mixte) ;
- Le parement entre les pieux.

K-Réa indique ensuite le produit EI par unité de longueur de l'écran continu équivalent que l'utilisateur peut transférer vers le tableau de définition de l'écran.

Cas des pieux circulaires, section pleine

Il convient de saisir **E** le module d'Young du pieu, **e_h** l'entraxe et **d** le diamètre de pieux.

La définition du parement est basée sur **E** le module d'Young et **e** l'épaisseur.

K-Réa affiche le produit EI équivalent par unité de longueur de la paroi composite en bas de l'écran.

Cas des profilés métalliques

Il faut choisir le type de profilé à l'aide du menu déroulant « Profilé » regroupant les catégories suivantes :

Nota : la liste des gammes des fournisseurs ne se veut pas exhaustive.

Dans tous les cas, il faut renseigner **e_h** l'entraxe des pieux.

En cas de « Profilé circulaire et creux », il faut saisir **d** le diamètre du profilé et **e** l'épaisseur du profilé.

En cas de « Profilé particulier », il est nécessaire de définir **I** l'inertie du profilé.

Pour la définition du parement entre les pieux il convient de saisir **E** le module d'Young du parement et **e** l'épaisseur du parement.

K-Réa affiche en bas de l'écran le produit EI équivalent par unité de longueur de la paroi composite.

Cas des pieux mixtes

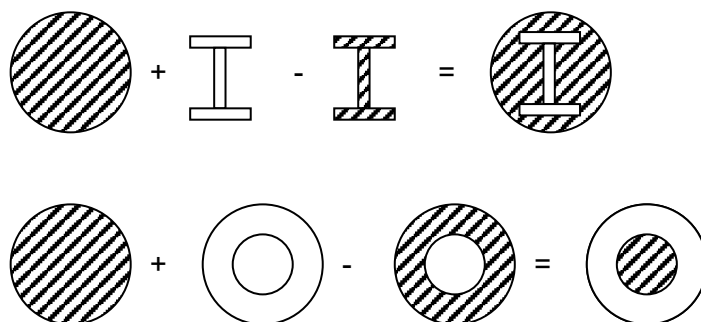
Il faut renseigner :

- Pour les pieux principaux : les caractéristiques du profilé et celles du béton (cf. les paragraphes précédents) ;
- Pour le parement entre les pieux : ses caractéristiques, de façon similaire au reste des écrans composites.

Le produit d'inertie EI du pieu mixte se calcule comme suit :

$$(EI)_{\text{section mixte}} = E_{\text{béton}} \times I_{\text{section pleine}} + (E_{\text{acier}} - E_{\text{béton}}) \times I_{\text{section profilé}}$$

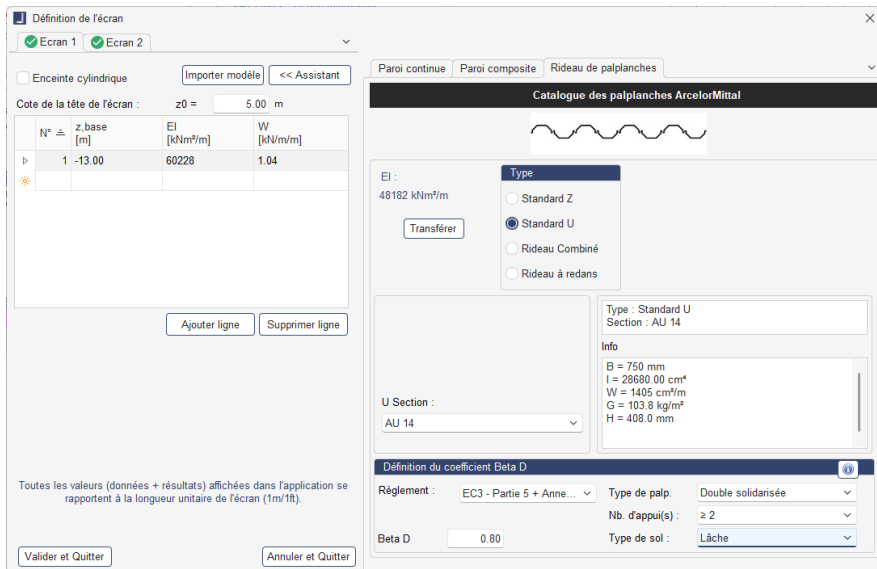
Cette formule peut s'appliquer à plusieurs géométries :



B.3.3.2.3. Rideau de palplanches

Cette boîte de dialogue est accessible en cliquant sur le menu **Données** puis sur **Définition de l'écran**. Elle sert à définir les caractéristiques de l'écran nécessaires au calcul.

Cet assistant donne accès au catalogue de palplanches d'ArcelorMittal. Celui-ci est susceptible d'évoluer. Dans ce cas, l'utilisateur sera invité à vérifier les caractéristiques de la palplanche.



Définition de l'écran
 Ecran 1 Ecran 2

☐ Enceinte cylindrique Importer modèle << Assistant

Cote de la tête de l'écran : z0 = 5.00 m

N°	z_base [m]	EI [kNm²/m]	W [kN/m/m]
1	-13.00	60228	1.04

Ajouter ligne Supprimer ligne

Toutes les valeurs (données + résultats) affichées dans l'application se rapportent à la longueur unitaire de l'écran (1m/1ft).

Valider et Quitter Annuler et Quitter

Paroi continue Paroi composite Rideau de palplanches

Catalogue des palplanches ArcelorMittal

EI : 48182 kNm²/m

Transférer

Type : Standard Z Standard U Rideau Combiné Rideau à redans

Type : Standard U Section : AU 14

Info : B = 750 mm I = 28680.00 cm⁴ W = 1405 cm³/m G = 103.8 kg/m² H = 408.0 mm

U Section : AU 14

Définition du coefficient Beta D

Règlement : EC3 - Partie 5 + Anne... Type de palp. Double solidarisée

Beta D 0.80 Nb. d'appui(s) ≥ 2 Type de sol : Lâche

Figure B16 : Catalogue des palplanches ArcelorMittal

Chaque écran est défini par 3 paramètres : Z0 le niveau de la tête, Zp le niveau du pied et EI le produit d'inertie de l'écran.

Pour définir Z0 et Zp, saisir les valeurs du projet dans les cases de saisie correspondantes.

Pour définir EI, il faut au préalable choisir une palplanche parmi le catalogue ArcelorMittal, présenté dans la partie droite de la boîte de dialogue. Pour ce faire, sélectionner d'abord un type de palplanche (Standard Z, Standard U, Rideau Combiné ou Rideau à redans).

Sélectionner la section de la palplanche dans le menu déroulant situé dessous, puis cliquer **Transférer**, ce qui permet de copier le produit d'inertie dans la case correspondante (données du projet, partie gauche de la boîte de dialogue).

Si le type de palplanche sélection est « **Standard U** », il convient de définir la valeur du coefficient Beta D, soit de façon personnalisée en saisissant la valeur, soit s'appuyant sur les EC3 – Annexe nationale française. Pour plus de détail, une figure d'aide est disponible :

Clause 6.4 (3)

Les valeurs β_B et β_D à utiliser sont définies dans le Tableau ci-après.

Type de palplanche en U	Nombre d'appuis	Type de sol	Coefficients	
			β_B	β_D
Simple	0 (= pied de palplanche)		0,6	0,4
	1		0,7	0,5
	≥ 2		0,8	0,6
Double solidarisée (par points de pinçage ou soudure)	0 (= pied de palplanche)	lâche	0,7	0,6
		autre	0,8	0,7
	1	lâche	0,8	0,7
		autre	0,9	0,8
	≥ 2	lâche	0,9	0,8
		autre	1,0	0,9

NOTE 1 Pour la solidarisation des palplanches, voir 6.4 de l'EN 1993-5:2007
 NOTE 2 Pour les sols situés au-dessus de la nappe phréatique, ces coefficients peuvent être majorés de 0,1 (mais bornés à 1,0).
 NOTE 3 Avec des terrains multicouches, des coefficients différents peuvent être appliqués sur la longueur de la palplanche. Par simplification, les coefficients les plus faibles peuvent être appliqués sur toute la longueur de la palplanche.

Figure B17 : Standard U - Valeur de Beta D

Le produit d'inertie utilisé dans les calculs vaudra alors :

$$EI_{\text{modifié}} = \beta_D \cdot EI_{\text{catalogue}}$$

Par exemple, si la case 0.50 a été saisie, alors le produit d'inertie modifié de l'écran vaudra 50% de sa valeur au catalogue ArcelorMittal. L'Annexe Nationale Française permet de prendre en compte le **Type de palplanche** (simple ou double), le **Nombre d'appui(s)** et le **Type de sol**.

- Pour les **palplanches de type U et Z** : Sélectionner la section de la palplanche dans le menu déroulant **Section** correspondant,
- Pour les **rideaux combinés** ou les **rideaux à dedans** : Sélectionner le type de rideau souhaité, puis ses caractéristiques parmi les options proposées,

Puis cliquer sur **Transférer**.

Le cadre **Info** situé en bas à droite du catalogue affiche les caractéristiques de la palplanche sélectionnée.

Le catalogue proprement dit n'est disponible qu'en système métrique, mais dans le cas d'un projet en unités impériales, toutes les valeurs affichées sont converties et apparaissent à l'écran dans le système impérial (en plus des valeurs issues du catalogue dans le système métrique). Le produit EI calculé est également converti en kip.ft²/lft.

B.3.4 Saisie des données pour les projets double-écran

Dans le cadre des projets double-écran, les données à saisir sont les mêmes que celles décrites précédemment, mais elles doivent être saisies pour chacun des 2 écrans. Les paramètres supplémentaires et les particularités rencontrés lors de la définition d'un projet double-écran sont présentés ci-après.

B.3.4.1. Titres et options (cas double-écran)

Lorsqu'on choisit un projet de type double-écran, un paramètre supplémentaire est à renseigner : Distance entre les deux écrans (m, ft).

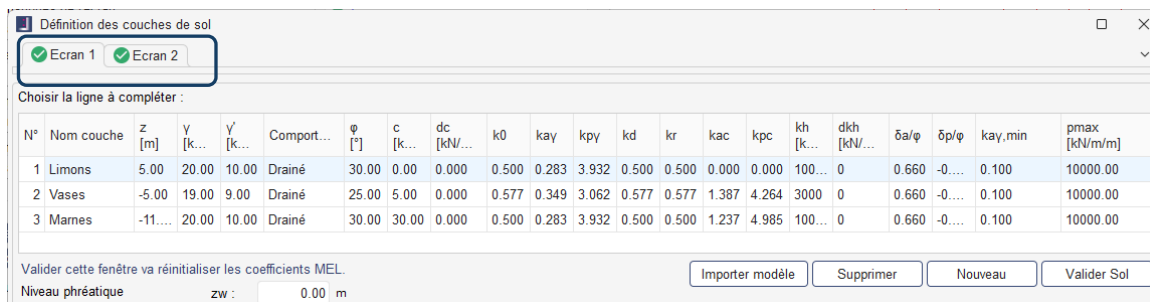
Il est important de noter que ce paramètre intervient uniquement dans la définition du massif d'ancrage quand les vérifications ELU sont demandées. Sa valeur est sans incidence sur les autres résultats.

La saisie des données fait référence ensuite à l'Ecran 1 (écran gauche) et à l'Ecran 2 (écran droit). Voir le chapitre B.1.2.2 pour les conventions relatives à ces 2 écrans, et le choix de l'écran 1 et de l'écran 2.

B.3.4.2. Définition des couches de sol pour un double-écran

Dans le cas d'un projet double-écran, la boîte de dialogue « Définition des couches de sol » possède deux onglets Ecran 1 et **Ecran 2**.

La saisie se fait de manière identique à celle d'un projet écran simple (cf. § B.3.2).



N°	Nom couche	z [m]	y [k...]	y' [k...]	Comport...	φ [°]	c [k...]	dc [kN/...]	k0	kay	kpy	kd	kr	kac	kpc	kh [k...]	dlkh [kN/...]	$\delta a/\varphi$	$\delta p/\varphi$	kay,min	pmax [kN/m/m]
1	Limons	5.00	20.00	10.00	Drainé	30.00	0.00	0.000	0.500	0.283	3.932	0.500	0.500	0.000	0.000	100...	0	0.660	-0...	0.100	10000.00
2	Vases	-5.00	19.00	9.00	Drainé	25.00	5.00	0.000	0.577	0.349	3.062	0.577	0.577	1.387	4.264	3000	0	0.660	-0...	0.100	10000.00
3	Marnes	-11...	20.00	10.00	Drainé	30.00	30.00	0.000	0.500	0.283	3.932	0.500	0.500	1.237	4.985	100...	0	0.660	-0...	0.100	10000.00

Valider cette fenêtre va réinitialiser les coefficients MEL.

Niveau phréatique zw : 0.00 m

Figure B18 : Boîte de dialogue des caractéristiques des couches de sol – Projet double écran

Après avoir saisi les données de l'écran 1, il est possible de transférer le modèle sol de l'écran 1 vers celui de l'écran 2 en cliquant sur le bouton **Importer modèle** depuis l'onglet **Ecran 2**.

B.3.4.3. Définition des caractéristiques des deux écrans

L'utilisateur doit saisir d'abord les données de l'écran 1, puis celles de l'écran 2.



N°	z, base [m]	EI [kNm²/m]	W [kN/m/m]
1	-13.00	118104	1.47

Figure B19 : Fenêtre de définition de l'écran – Projet double-écran

B.3.5 Définition de la structure (projet 3D)

Cette boîte de dialogue est accessible en cliquant sur le menu **Données** puis sur **Définition de la structure**. Elle sert à définir les caractéristiques de l'écran nécessaires au calcul.

Elle est découpée en trois parties :

Définition de la géométrie : cette partie permet de définir la géométrie de la fouille étudiée ;

Définition de la structure de soutènement : cette partie permet de définir les paramètres mécanique des matériaux constituant l'écran ;

Définition des liaisons : permet de définir de comportement de connexion entre les écrans ainsi que les pas de calculs maximaux utilisés lors de la génération du maillage.

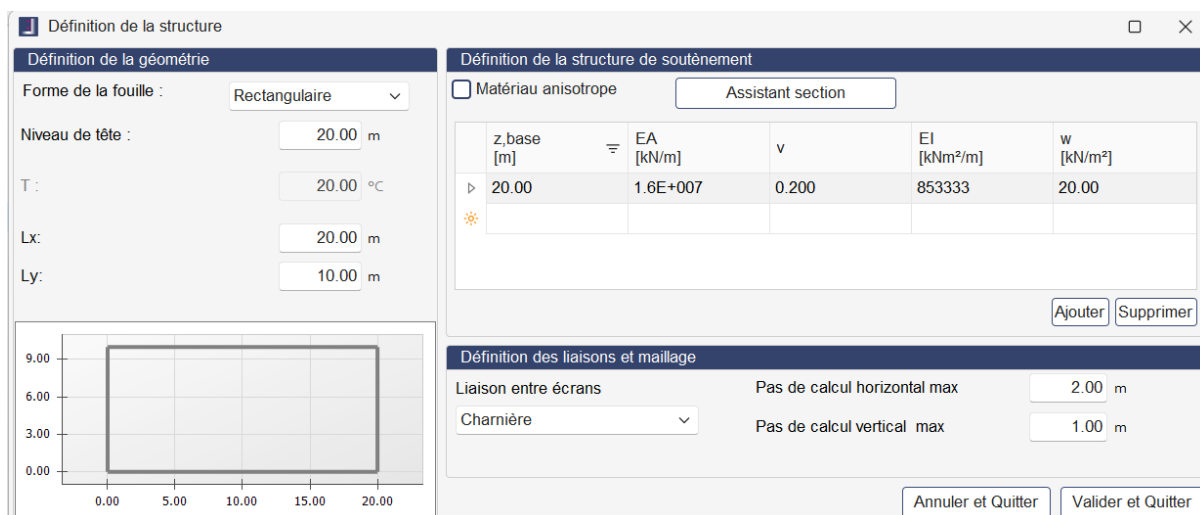


Figure B20 : Fenêtre de définition de la structure – Projet 3D

B.3.6 Définition des jeux de combinaisons / cas de charges

Il est possible dans K-Réa de créer plusieurs combinaisons de charges dans un seul projet. A la différence des 3 premières fenêtres décrites aux chapitres B.3.1 à 0, la définition des cas de charges est optionnelle.

La définition des cas de charges est menée en trois étapes :

1. Activer le calcul de combinaisons de charges : ouvrir la fenêtre **Définition de cas de charges** accessible dans le menu **Combinaisons** et cocher la case en haut de la fenêtre,
2. Définir les familles de charges du projet en leur attribuant un nom et en spécifiant le coefficient pondérateur qui doit être attribué à chaque combinaison. Ceci est à faire dans la zone supérieure de la fenêtre ;
3. Définir les combinaisons de calcul à considérer (combinaison 1, 2, etc.) à chaque phase de calcul. Ceci est à faire dans la zone inférieure de la fenêtre.

Lors de la définition du phasage, il faudra attribuer chaque surcharge (sur le sol ou sur l'écran) à une famille de charges.

Famille	Nom	Comb 1	Comb 2	Comb 3
1	Charges permanentes	1	1.35	0.9
2	Choc bateau	1	1.2	2
3	Surcharge de la grue	1.5	1.5	1.5

Phase	Comb 1	Comb 2	Comb 3
1	☒	☐	☒
2	☐	☐	☐
3	☐	☒	☒
4	☒	☐	☐
5	☒	☒	☐
6	☒	☐	☒

Figure B21 : Fenêtre de définition des familles et des combinaisons de charges

Les résultats des cas de charges s'afficheront en complément de ceux du calcul de base. Ils sont accessibles via le choix de « Combinaisons » de la fenêtre **Résultats** et dans la fenêtre **Vérifications à l'EC7**.

Cette liste de choix est accessible dans toutes les phases où au moins une combinaison a été demandée. Si plusieurs combinaisons ont été considérées dans une même phase, une liste déroulante permet la navigation entre ces dernières.

Figure B22 : Fenêtre de Résultats permettant l'accès aux résultats par combinaisons de charges

Figure B23 : Fenêtre de Vérifications à l'EC7 permettant l'accès aux résultats par combinaisons de charges

B.4. Définition du phasage

Après avoir renseigné les données du sol et de(s) écran(s), il convient de définir le phasage de calcul représentant les étapes de construction et de service du projet.

Le choix de la cinématique du phasage peut avoir une influence significative sur les résultats notamment du fait des non-linéarités liés à plastification du sol et à l'évolution de la rigidité de l'écran et de ses ancrages au cours du phasage.

De manière générale, il est recommandé de définir le phasage au plus près de la réalité, en le décomposant au maximum et en évitant de définir dans une même phase, pour un côté et un écran donnés, des actions ayant des effets opposés (remblaiement suivi d'une excavation par exemple).

Le présent chapitre décrit de manière générale les manipulations permettant de définir le phasage de calcul ainsi que la procédure de création d'un phasage respectivement pour les projets écran simple et double-écran. La description des actions pouvant être définies dans une phase donnée est détaillée dans le chapitre 0.

B.4.1 Présentation

La fenêtre principale est partagée comme ci-dessous :

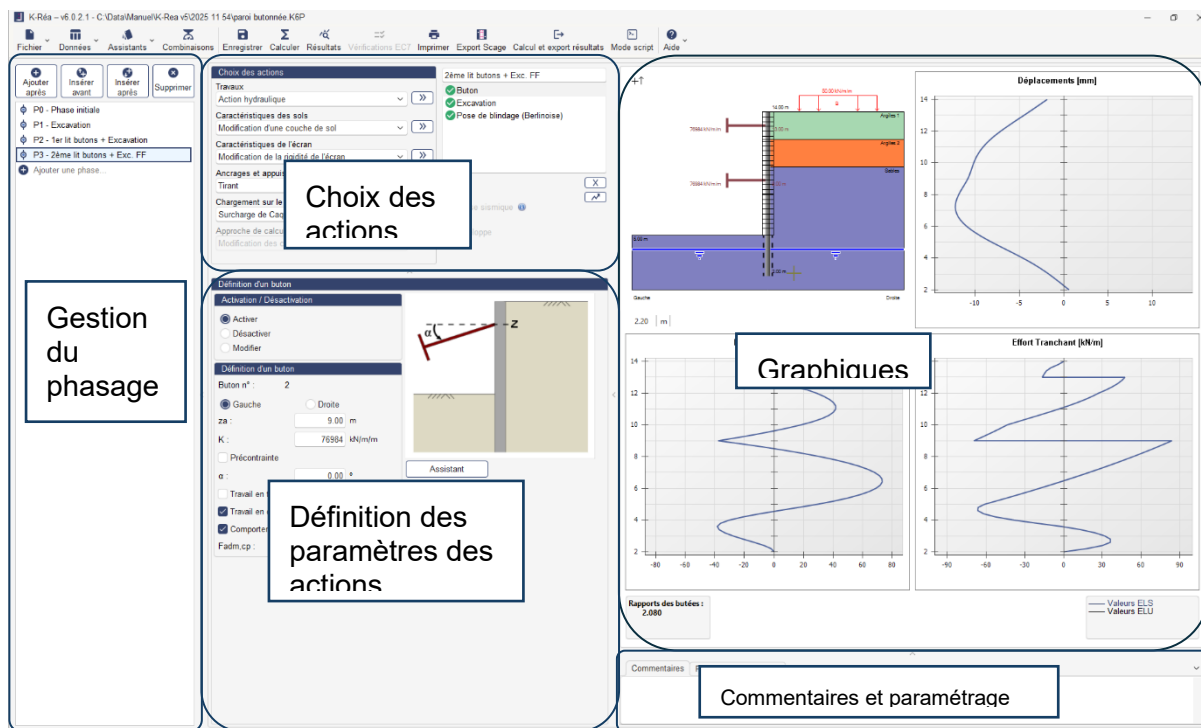


Figure B24 : Fenêtre principale – Gestion du phasage

- la zone de gestion des phases (Ajouter, Insérer ou Supprimer une phase)
- la zone de choix des actions à appliquer dans chaque phase
- la zone de définition des paramètres de chaque action
- la zone des graphiques : permet de visualiser la coupe et les courbes de résultats après le lancement des calculs. Ce sont les courbes de déplacements, les diagrammes des efforts tranchants et des moments fléchissants de l'écran pour la phase en cours. Le(s) **rapport(s) des butées** côté fouille s'affiche pour les projets ELS, une synthèse des vérifications est présentée pour les projets ELU.

- la zone réservée aux commentaires et au paramétrage du dessin. Ce cadre permet :
 - de saisir des commentaires relatifs à la phase en cours. Ceux-ci sont rappelés ultérieurement pour mémoire dans l'impression des résultats.
 - de configurer l'affichage, sur la coupe du projet, des cotes des couches de sol et des actions (nappe, ancrages, surcharges, etc.), ainsi que de faire apparaître les noms des couches de sols ou encore les caractéristiques des actions (raideurs des ancrages, valeurs des surcharges, etc.).

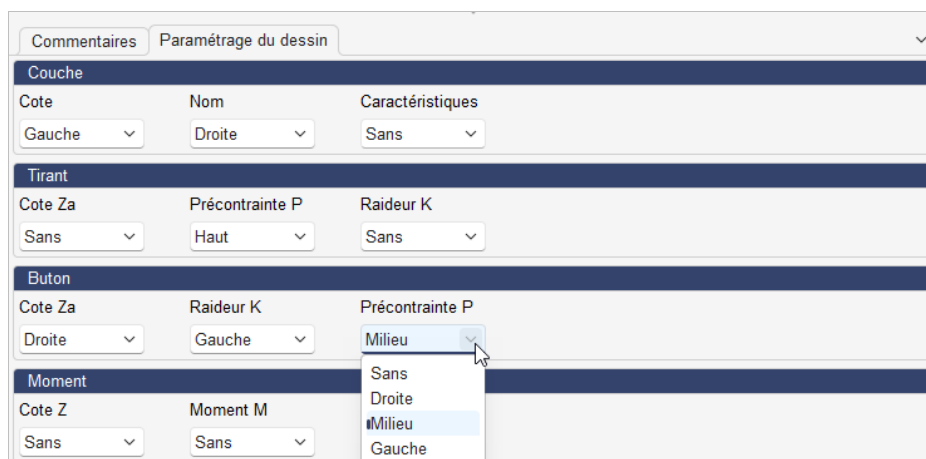


Figure B25 Onglet « Paramétrage du dessin »

Le fonctionnement de ces différentes zones est expliqué dans les sous-chapitres qui suivent.

Remarque 1 : les graphiques peuvent être agrandis pour remplir tout le cadre de gestion du phasage en double-cliquant dessus. Il est possible de survoler les courbes à l'aide de la souris pour afficher la valeur de la courbe au droit du point choisi sous forme d'infobulle. Dans le cas d'un calcul avec vérification à l'ELU, deux courbes s'affichent pour les moments fléchissants et les efforts tranchants. La courbe en orange indique les valeurs caractéristiques (sans pondération) et la courbe noire affiche les valeurs de calcul (avec pondération).

Un clic droit sur ces mêmes graphiques permet d'accéder au menu contextuel (voir chapitre B.2.3.3). Un double-clic permet de ramener le graphique à sa taille initiale.

Remarque 2 : la représentation graphique des couches de sol, des écrans et des actions respecte une échelle verticale mais pas une échelle horizontale. En effet, le repère utilisé n'est pas orthonormé et la distance entre les deux écrans n'est pas à la même échelle que le repère vertical. Il convient donc de ne pas considérer la longueur et l'inclinaison des tirants ainsi que l'espacement entre les deux écrans (dans le cadre d'un projet double-écran) provenant de la représentation graphique.

Remarque 3 : la coupe du projet, les résultats graphiques, les commentaires ainsi que le paramétrage peuvent occuper une place variable dans la fenêtre principale :

- un clic sur la flèche  permet à l'ensemble des figures d'occuper la totalité de la fenêtre,
- cliquer/glisser sur la flèche  permet à l'utilisateur de partitionner la fenêtre horizontalement jusqu'au deux tiers environ,
- un clic sur la flèche  :
 - affiche l'onglet « Commentaires » ou « Paramétrage du dessin » sur la totalité de la hauteur de la fenêtre ; ou bien
 - affiche la définition de l'action sur la totalité de la hauteur de la fenêtre.
- cliquer/glisser sur la flèche  permet à l'utilisateur de partitionner la fenêtre dans une certaine mesure.

B.4.2 Cadre de choix des actions

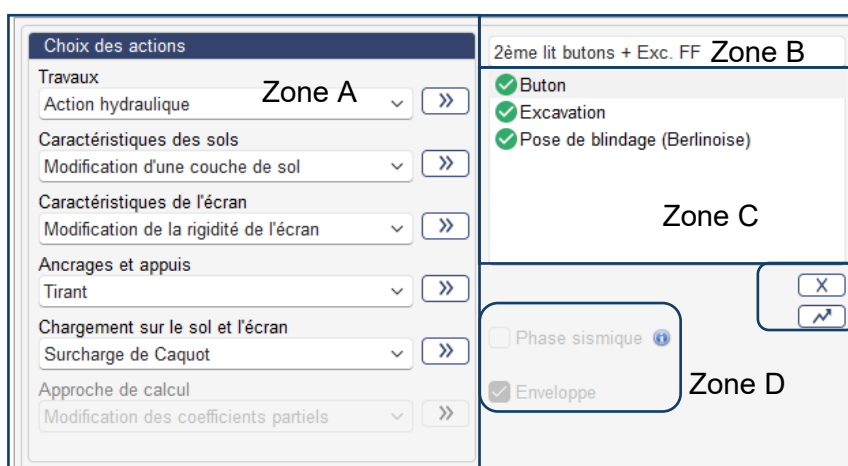


Figure B26 : Cadre de choix des actions pour une phase de calcul

Le cadre de choix des actions est affiché en haut à droite de la fenêtre principale. Il permet d'appliquer les actions souhaitées dans la phase de calcul sélectionnée.

Le titre de la phase en cours est situé dans la **zone B**. Ce titre réapparaît dans la fenêtre des « Résultats » pour faciliter sa lecture et son interprétation. Il est possible de renommer la phase sélectionnée en modifiant le texte saisi dans cette zone.

Les actions dans K-Réa définissent globalement les conditions d'appui et de chargement de l'écran ainsi que leur évolution au cours des phases de construction. Elles permettent entre autres de caractériser les interactions écran-sol et écran-ancrages.

La **zone A** contient les menus déroulants correspondant à chaque groupe qui permettent le choix des actions à appliquer dans la phase en cours.

Le tableau complet des actions disponibles de même que la description détaillée des paramètres de chaque action sont fournis au chapitre 0.

Pour appliquer une action, cliquer à l'intérieur du cadre du menu déroulant correspondant au groupe de l'action à réaliser. Un clic sur la flèche de transfert l'inscrit dans la liste des actions à réaliser (**zone C**) dans la phase en cours.

Elle apparaît alors le cadre de définition de l'action sélectionnée sous le cadre de choix des actions. C'est dans celui-ci qu'il faut saisir les paramètres nécessaires à la définition de l'action.

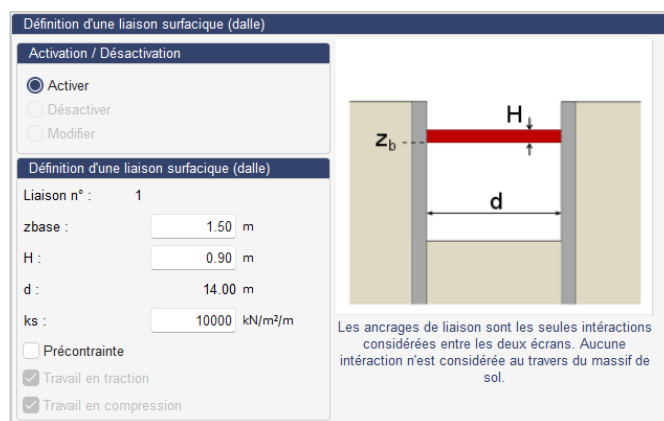


Figure B27 : Définition des paramètres d'une action

Toutes les actions d'une phase apparaîtront sous forme de liste classée par ordre de déclaration dans la **zone C** située sous le nom de la phase en cours.

Nota 1 : le bouton  permet de supprimer l'action sélectionnée de la liste des actions de la phase en cours.

Nota 2 : les actions sont marquées :

- D'une coche verte lorsqu'elles sont définies correctement
- D'une croix rouge lorsqu'elles sont incomplètes ou pas correctement définies

Une infobulle dans le cadre de définition de l'action, ainsi que dans la liste des actions, donne quelques indications sur l'origine d'invalidité de la saisie :

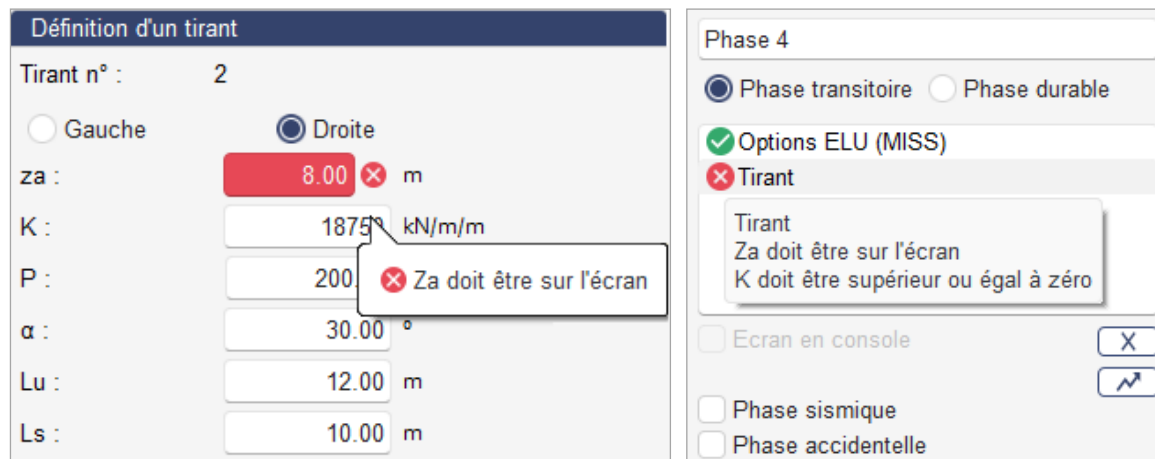


Figure B28 : Indications sur l'origine d'invalidités de saisie

Dans le cas d'un projet avec vérifications ELU, deux sélections supplémentaires sont à effectuer pour caractériser la nature de la phase et le modèle de calcul :

- **Phase transitoire / Phase durable** : ce choix conditionne la sélection de la valeur du coefficient partiel relatif à la butée mobilisable prise en compte lors de la vérification à l'ELU du défaut de butée (cf. §B.3.1.3),
- **Écran en console (calcul MEL)** : ce choix n'est accessible que pour les phases sans aucun appui « actif » (élément du groupe « Ancrages et appuis »). Il est activé par défaut dans ce cas, mais peut être désactivé à volonté de l'utilisateur. Si la case est cochée, l'écran sera considéré comme auto-stable (en console) pour la phase sélectionnée et les vérifications ELU se feront sur la base d'un calcul MEL au lieu d'un calcul MISS (cf. partie C du manuel). Si la case est cochée, K-Réa créera automatiquement une action **Coefficients MEL** (cf. §B.5.2.1).

Dans tous les cas (projets avec ou sans vérifications ELU), les cases à cocher **Phase sismique** et **Enveloppe** sont disponibles.

La case à cocher **Phase sismique** permet de réserver la phase en question à un calcul sous séisme. La particularité d'une telle phase est qu'elle est sans issue dans la mesure où elle ne modifie pas le phasage principal constitué de phases « non sismiques ».

La case à cocher **Enveloppe** permet d'assembler les courbes des résultats de plusieurs phases successives. A titre d'exemple :

- Si aucune case « Enveloppe » n'est cochée dans un projet, une famille de courbes enveloppes apparaîtra et rassemblera les extrema des déplacements, efforts tranchants et moments fléchissants calculés pour sur la base de toutes les phases.
- Si un projet contient 5 phases en plus de la phase initiale et que la case « Enveloppe » a été cochée uniquement en phase 3, deux courbes enveloppes (extrema des déplacements, efforts tranchants et moments fléchissants) seront représentées pour les phases 1 à 3 et 4 à 5 respectivement.

Remarque : La case enveloppe ne peut être sélectionnée ni en phase initiale, ni en phase 1 (les résultats de la phase 1 constituent leur propre enveloppe) ni en dernière phase.

B.4.3 Cadre de définition des actions

Le cadre de définition des actions apparaît en bas à droite de l'interface K-Réa (juste sous le cadre de choix des actions). Il permet de définir l'action sélectionnée.

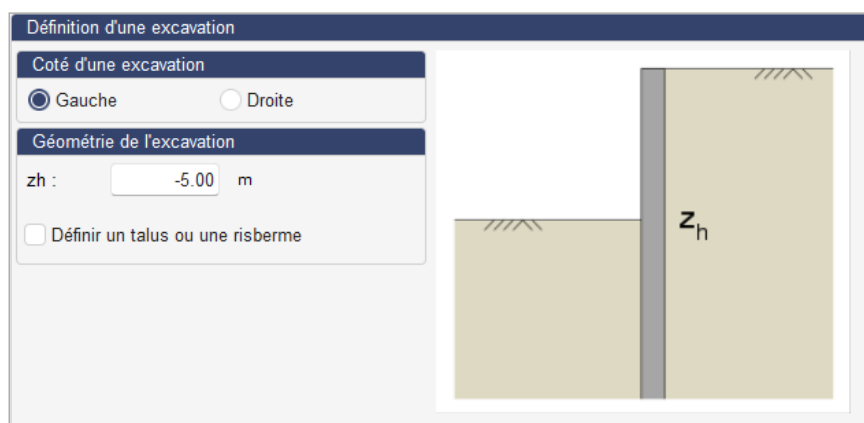


Figure B29 : Cadre de définition des actions (exemple d'une excavation)

Chaque action possède un cadre de définition des actions qui lui est propre. Il est composé en général d'une partie gauche consacrée à la saisie des paramètres définissant l'action et d'une partie droite affichant un schéma de principe sur lequel sont illustrés ces paramètres.

Une infobulle permet d'accéder à la définition de chacun des paramètres de l'action et l'unité dans laquelle ce paramètre est demandé et précisée à droite de la zone de saisie.

La figure ci-dessus montre le cadre de définition d'une excavation. Cet exemple illustre un terrassement côté gauche à la cote -5.00 m. Certaines actions comportent un assistant comme celle-ci, d'autres possèdent des options à actionner à l'aide d'une case à cocher par exemple. Il revient à l'utilisateur de saisir les données demandées en fonction de son projet.

B.4.4 Validation / Calcul / Résultats

Les boutons **Calculer** et **Résultats** sont accessibles depuis la barre des boutons. Le bouton **Vérification EC7** est actif seulement si les vérifications à l'ELU ont été demandées dans les options du projet et si le projet est calculé. Ces vérifications sont également accessibles depuis la fenêtre des résultats, pour chacune des phases (cf. chapitre B.6.4).

B.4.5 Définition du phasage pour un projet de type « Ecran Simple »

B.4.5.1. Projets sans vérifications ELU

Par défaut, K-Réa crée toujours une première phase de calcul « P00 » intitulée « phase initiale ».

Les actions disponibles en phase initiale sont les suivantes :

- Groupe Travaux : Action hydraulique, Excavation et Remblaiement
- Groupe Caractéristiques des sols : Poussée réduite
- Groupe Chargement sur le sol : Surcharge de Caquot et Surcharge de Boussinesq

Le fonctionnement du cadre des actions a été décrit dans le chapitre **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** et le détail des actions est donné dans §0. Si des actions sont appliquées dans la phase initiale, elles seront représentées sur la coupe du projet après leur validation.

Ensuite, pour créer la phase 1, cliquer sur le bouton **Ajouter après**. Cette action va créer une nouvelle phase « P01 » portant par défaut le nom de « Phase 1 », modifiable. Il convient de définir les actions souhaitées pour cette phase 1 (en fonction de votre projet). Après chaque création d'action, la représentation graphique du projet sera actualisée en conséquence.

Il suffit ensuite de procéder de même pour les phases suivantes, jusqu'à avoir complété le phasage du projet étudié. A chaque ajout d'une nouvelle phase, l'onglet correspondant apparaîtra à la suite des onglets existants et portera un nom du type « PXX » où XX correspond à l'ordre de la phase dans le projet, un titre modifiable du type « Phase XX » lui est également affecté par défaut.

Les onglets du cadre de gestion des phases permettent une navigation rapide entre les phases de calcul du projet par simple clic (pendant la définition du phasage mais également après le calcul pour visualiser les résultats).

B.4.5.2. Projets avec vérifications ELU

Dans le cas d'un projet avec vérifications ELU, K-Réa demande la saisie de données complémentaires pour la définition des phases et des actions.

Ainsi, il faut préciser pour chaque phase s'il s'agit d'une **Phase transitoire** ou **durable**.

Il faudra également indiquer, par phase, si l'écran doit être considéré comme autostable (en console - calcul MEL) ou ancré (calcul MISS). L'option **Ecran en console** est automatiquement désactivée et inaccessible lorsqu'un appui est actif dans la phase considérée, sauf s'il s'agit d'un tirant sans précontrainte, qui n'est pas actif dans sa phase de pose.

Dans les phases pour lesquelles l'écran est considéré en console, K-Réa crée automatiquement une action **Options MEL**. Cette dernière permet de contrôler les surexcavations, la méthode de calcul MEL utilisée, le côté de la butée et si nécessaire les paramètres de la contre-butée, notamment son inclinaison, pour la phase en cours (cf. chapitre B.5.3.1).

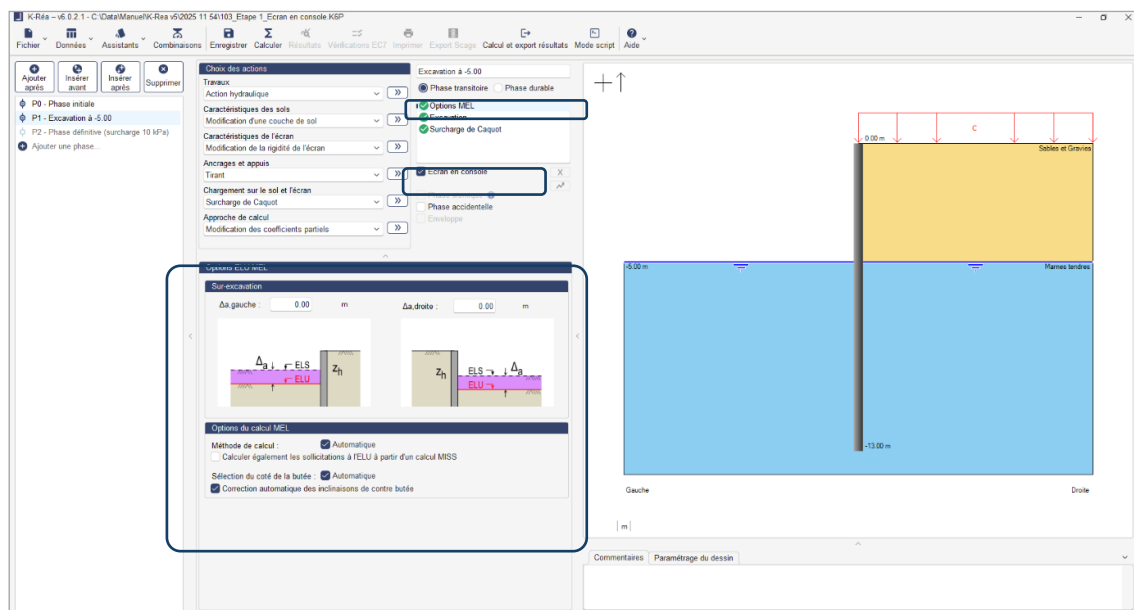


Figure B30 : Exemple de données supplémentaires pour les projets avec vérifications ELU dans le cas d'une phase où l'écran est considéré comme autostable

Dans les phases pour lesquelles l'écran est ancré, K-Réa crée automatiquement une action **Options ELU (MISS)**. Cette dernière permet de contrôler les surexcavations (cf. chapitre B.5.3.1 et chapitre B.5.3.2).

B.4.6 Définition du phasage pour un projet de type « Double-Ecran »

Le principe de création/gestion du phasage pour un projet double-écran est le même que pour un projet écran simple. Les actions à appliquer sur chacun des 2 écrans devront être définies. A cet effet deux boutons apparaissent en tête du cadre de définition de chaque action afin de pouvoir l'attribuer à l'écran 1 ou à l'écran 2. Cela concerne toutes les actions compatibles avec un écran simple, seules les actions liaisons linéiques et surfaciques font l'exception.

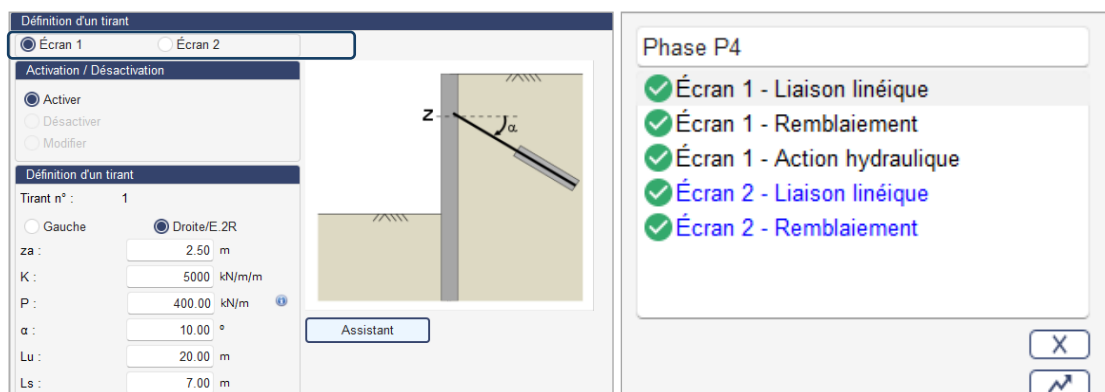


Figure B31 : Projet double-écran : choix de l'Écran 1 / Écran 2 et affichage des actions propres à chaque écran

De plus, les actions de la phase en cours sont préfixées par l'écran auquel elles sont rattachées :

- Écran 1 : texte en noir
- Écran 2 : texte en **bleu**

Enfin, les deux écrans peuvent être reliés par une ou plusieurs liaisons sans limitation sur leur nombre. Ces dernières peuvent être soit linéiques (tirants ou butons) soit surfaciques (dalles). Les interactions entre les deux écrans se font uniquement à travers ces liaisons. En effet, K-Réa ne considère aucune interaction entre les 2 écrans via le massif de sol qui les sépare (cf. partie C du manuel).

Pour en savoir davantage sur les liaisons, veuillez-vous reporter aux chapitres 0 et 0.

B.5. Description des actions définies au cours du phasage

K-Réa propose des actions différentes en fonction de la modélisation 2D ou de la modélisation 3D.

B.5.1 Actions 2D

K-Réa propose au total 25 actions, dont 3 sont automatiques, permettant de simuler le phasage de construction d'un projet 2D donné. Le tableau suivant présente ces actions par groupe :

Travaux	Action hydraulique ⁽¹⁾
	Excavation ⁽¹⁾
	Remblaiement ⁽¹⁾
	Pose de blindage (Berlinoise)
Caractéristiques des sols	Poussée réduite ⁽²⁾
	Redéfinition des couches de sol
	Diagramme de pressions imposées
Caractéristiques de l'écran	Modification de la rigidité de l'écran
	Modification de la structure de l'écran
Ancrages	Tirant
	Buton
	Encastrement
	Lierne circulaire
	Appui surfacique
	Liaison linéique ⁽³⁾
	Liaison surfacique ⁽³⁾
Chargement sur le sol et l'écran	Surcharge de Caquot ⁽¹⁾
	Surcharge de Boussinesq ⁽¹⁾
	Surcharge de Graux
	Force linéique
	Moment linéique
	Charge trapézoïdale
Actions créées automatiquement	Options MEL ⁽⁴⁾
	Options ELU (MISS) ⁽⁴⁾
	Séisme (Calcul sismique) ⁽⁴⁾
Approche de calcul	Modification des coefficients partiels ⁽⁵⁾

(1) Cette action existe en phase initiale et en phases courantes ;

(2) Cette action existe uniquement en phase initiale ;

(3) Cette action est disponible exclusivement dans le cas de projets de type double-écran ;

(4) Cette action est créée automatiquement par K-Réa en fonction de l'état des options détaillées en § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** L'utilisateur doit toujours vérifier les paramètres prédéfinis, voire les modifier et les compléter si une telle action est présente.

(5) Uniquement avec les vérifications ELU activées

Tableau B2 : Actions 2D disponibles pour la définition du phasage

L'application d'une action se fait par l'intermédiaire du cadre de choix des actions décrit dans le chapitre B.4.2.

Le présent chapitre est consacré au détail des actions. Chaque sous-paragraphe comportera le principe d'une action, illustré éventuellement par un schéma ou une capture d'écran, suivi de la désignation des données d'entrée correspondantes.

B.5.1.1. Actions Travaux

B.5.1.1.1. Action hydraulique

Cette commande permet de définir les conditions hydrauliques et de corriger éventuellement les pressions d'eau afin de tenir compte soit d'un gradient hydraulique associé au régime d'écoulement accompagnant un rabattement de nappe, soit de la présence de passages imperméables ou de nappes perchées dans les différentes couches.

Il est important de noter que la définition d'une action hydraulique impacte à la fois le calcul de la pression d'eau s'exerçant horizontalement sur l'écran et celui de la contrainte effective verticale dans le sol (pour plus d'informations, consulter la partie C du manuel).

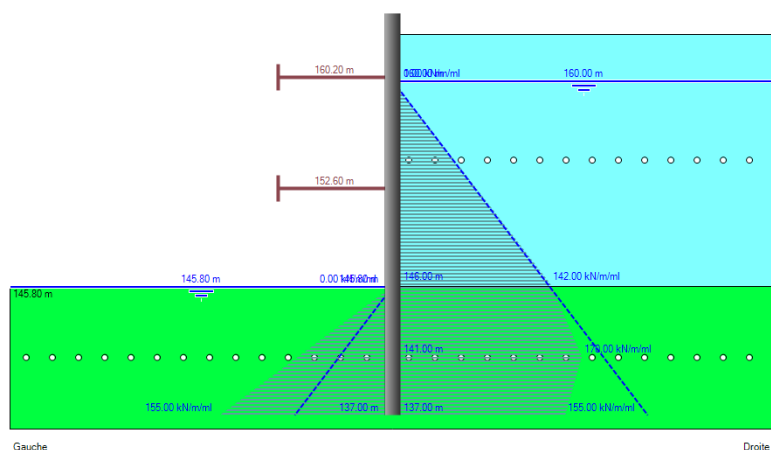


Figure B32 : Exemple de définition d'un gradient hydraulique 2D

Il est possible d'imposer un diagramme de pressions ou de potentiels pour définir, par exemple, un gradient hydraulique. Pour ceci, il est nécessaire de cocher la case correspondante et de renseigner point par point :

- **Niveau** (cote ou profondeur) du point du diagramme
- **Potentiel** ou **Pression hydraulique** (selon l'option retenue dans la fenêtre « Titre et options ») à prendre en considération pour ce point

B.5.1.1.2. Excavation

Cette action sert à la définition d'une excavation sur un côté de l'écran. Le niveau d'excavation est par défaut horizontal. Une option supplémentaire permet de définir une excavation sous forme de talus ou de risberme.

Quelques consignes liées à l'action « excavation » :

- Cette action annule les surcharges de type Caquot, Boussinesq ou Graux existantes sur le sol du côté concerné par l'excavation. Pour les maintenir, il faut les définir à nouveau.
- K-Réa ne vérifie pas la stabilité du talus ou de la risberme. Une telle vérification relève de la responsabilité de l'utilisateur et doit être préalablement réalisée par un modèle adapté (par exemple à l'aide de Talren).
- 
 • Une action excavation horizontale annule systématiquement les effets (géométriques) liés à l'existence d'un talus ou d'une risberme, et ce quelque-soit la cote du terrassement.
- Le niveau z_h d'une nouvelle excavation doit être inférieur au niveau précédent. Dans le cas d'un talus ou une risberme, le niveau z_t doit respecter également cette condition.

Le niveau inférieur d'un remblaiement (z_b) sera considéré par défaut égal au niveau en contact avec l'écran précédemment. Si un talus ou risberme existe précédemment, le niveau z_b sera égal à son niveau supérieur, soit $z_b = z_{t0}$.

	Ancienne géométrie	Action postérieure	
		Excavation	Remblaiement
Projet défini en cotes	Talus entre $[z_{h0}, z_{t0}]$	$z_t \leq z_{t0}$ $z_h \leq z_{h0}$	$z_t \geq z_{h0}$ $z_h \geq z_{h0}$
	Risberme entre $[z_{h0}, z_{t0}]$	$z_t \leq z_{t0}$ $z_h \leq z_{h0}$	$z_t \geq z_{t0}$ $z_h \geq z_{t0}$
Projet défini en profondeurs	Talus entre $[z_{h0}, z_{t0}]$	$z_t \geq z_{t0}$ $z_h \geq z_{h0}$	$z_t \leq z_{h0}$ $z_h \leq z_{h0}$
	Risberme entre $[z_{h0}, z_{t0}]$	$z_t \geq z_{t0}$ $z_h \geq z_{h0}$	$z_t \leq z_{t0}$ $z_h \leq z_{t0}$

Tableau B3 : Critères de définition des niveaux d'excavation et remblaiement après une géométrie du terrain naturel de type talus ou risberme

B.5.1.1.3. Remblaiement

Cette fonctionnalité permet de réaliser un remblaiement dont la base repose sur le sol existant. La surface supérieure du remblai est par défaut horizontale, mais il est possible de définir une géométrie de type talus ou risberme en utilisant l'option dédiée.

Il est possible :

- De saisir ou de modifier les paramètres d'un remblai en cliquant sur le bouton **Saisie des paramètres du sol**
- D'importer les caractéristiques d'un sol existant dans le projet en cours, en le sélectionnant dans la liste déroulante située sous la figure d'aide et en cliquant sur le bouton **Transférer**
- D'importer les caractéristiques d'un sol existant dans la base de données en cliquant sur le bouton **Importer un sol de la BDD des sols**
- D'enregistrer un remblai dans la base de données des sols en cliquant sur le bouton **Ajouter ce remblai à la Bdd des sols**.

Quelques consignes liées à l'action « remblaiement » :

- K-Réa ne vérifie pas la stabilité du talus ou de la risberme. Une telle vérification relève de la responsabilité de l'utilisateur et doit être préalablement réalisée par un modèle adapté (par exemple à l'aide de Talren).

- La partie C du manuel détaille la prise en compte d'un remblaiement, notamment en ce qui concerne la phase de mise en place.



Le coefficient k_i est pris couramment dans l'intervalle $[k_a, k_0]$: l'utilisation de k_0 correspond en général au cas de remblais compactés, tandis que l'utilisation de k_a est à privilégier pour des remblais mis en place de manière purement gravitaire.

- Il est possible de créer plusieurs remblais successifs avec des caractéristiques différentes du même côté de l'écran (dans des phases successives).
- Cette action annule les surcharges sur le sol de type Caquot, Boussinesq ou Graux qui étaient appliquées précédemment sur le côté concerné par le remblaiement. Pour les maintenir, il faut les redéfinir à nouveau.
- Le niveau inférieur d'un remblaiement (z_b) sera considéré par défaut égal au niveau en contact avec l'écran précédemment. Si un talus ou risberme existe précédemment, le niveau z_b sera égal à son niveau supérieur, soit $z_b = z_{t0}$.

Le tableau B3 récapitule l'application de ces règles.

B.5.1.1.4. Pose de blindage (Berlinoise)

Cette action permet de simuler la pose du blindage d'un écran discontinu (p. ex. : paroi berlinoise ou parisienne). Elle est uniquement disponible en cours de phasage si une action Poussée réduite a été définie en phase initiale.

La poussée qui a été réduite par l'action « Poussée réduite » en phase initiale est rétablie à 100% de sa valeur au-dessus du niveau z , de même pour la butée, les poussées d'eau et le coefficient de réaction.

La pose de blindage démarre toujours au niveau de la tête de l'écran et se complète en descendant dans des phases de pose successives.

B.5.1.2. Caractéristiques des sols

B.5.1.2.1. Redéfinition des couches de sol

Cette action permet de modifier les caractéristiques d'une couche de sol en cours du phasage. La modification des paramètres de cette couche peut se faire à gauche, à droite ou des deux côtés de l'écran.

Cette action permet de modifier un ou plusieurs paramètres d'une couche de sol, indépendamment les uns des autres. Les assistants présents dans la fenêtre de définition des couches de sol sont également disponibles sur cette fenêtre.

La modification des paramètres s'applique à la couche choisie à partir de la phase en cours. Pour modifier les paramètres d'une autre couche, il faut ajouter une autre action Redéfinition des couches de sol dans la liste des actions de la même phase, choisir l'autre couche à modifier puis saisir les nouveaux paramètres. Cette procédure est à répéter autant de fois que souhaité.

Dans le cadre de définition des nouveaux paramètres d'une couche de sol, le bouton Paramètre n-1 permet de compléter automatiquement les paramètres en récupérant l'ensemble de paramètres définis dans la phase précédente. De manière analogue, le bouton Paramètres phase 0 permet d'importer les paramètres initiaux de la couche de sol considérée. Les valeurs copiées sont ensuite modifiables en consultant la fenêtre de l'assistant de saisie des paramètres de sol : Saisie des paramètres de sol.

B.5.1.2.2. Diagramme de pressions imposées

Cette action permet d'imposer les diagrammes de pressions (limites ou au repos) d'un côté de l'écran. Elle est applicable dans le cas où la configuration du terrain ne permet pas d'utiliser les coefficients de poussée (limites ou au repos) appliqués par défaut dans K-Réa.

Le diagramme de pressions de poussée ou butée limite peut être calé à l'aide de la méthode cinématique du calcul à la rupture implémentée sur Talren. La méthode permet de considérer tout type de situations, en particulier les géométries très complexes (profil de terrain naturel quelconque avec des couches de sol par forçement horizontales et régulières). La prise en compte des renforcements est également possible si l'on souhaite considérer son rôle vis-à-vis de la stabilité de l'écran. La méthode de calcul à la rupture permet également de considérer la présence de conditions sismiques si l'utilisateur le souhaite.

Pour chaque type de pression, deux modes de gestion sont proposés :

- **Automatique** : dans ce cas, le moteur de calcul génère automatiquement le diagramme de pressions limites et au repos du sol comme si l'action « Diagramme de pressions imposées » n'existait pas,
- **Imposé** : dans ce cas, le moteur de calcul utilise le diagramme imposé défini point par point par l'utilisateur et le complète, le cas échéant, par celui généré automatiquement. Il est possible de modifier les diagrammes suivants :
 - Poussée limite p_a
 - Pression au repos p_0
 - Butée limite p_b

Une interprétation graphique est proposée exclusivement pour les diagrammes imposés. Le code de couleur est le suivant :

- Noir : pression au repos p_0
- Bleu : butée limite p_b
- Rouge : poussée limite p_a

Les valeurs de pressions limites à introduire correspondent à la projection horizontale du diagramme de poussée/butée éventuellement incliné. Comme évoqué précédemment, Ce diagramme peut être calé à l'aide de la méthode cinématique de calcul à la rupture implémenté sur Talren.

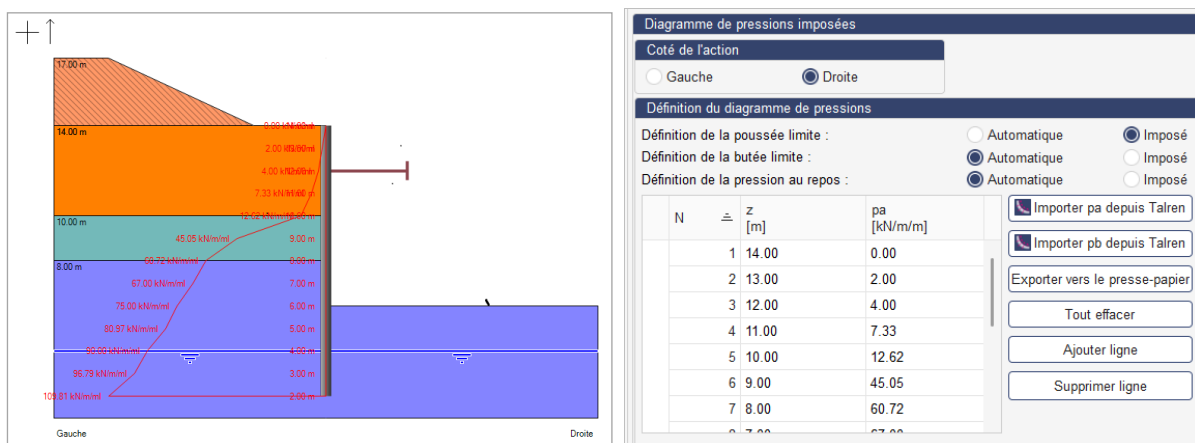


Figure B33 : Définition d'un diagramme de pressions imposées

B.5.1.2.3. Poussée réduite

L'action « Poussée réduite » est accessible uniquement en phase initiale.

Cette commande est utilisée dans le cas d'un écran discontinu (p. ex. : parois berlinoises ou parisiennes, paroi en jambes de pantalon, etc.). Elle permet de simuler le fait que les poussées du sol et de l'eau ne s'appliquent que sur une proportion de la largeur de l'écran R (comprise entre 0 et 1) et ce sur une hauteur délimitée par un niveau supérieur z_t et inférieur z_b . La butée appliquée sur la même largeur peut être multipliée par un coefficient d'épanouissement C . Le coefficient de réaction voit de même sa portée réduite.

En pratique, cette action affecte les pressions du sol et de l'eau au droit de la zone $[z_t, z_b]$ de la façon suivante :

- La poussée limite est multipliée par R
- La butée limite est multipliée par $R \times C$
- La poussée de l'eau est multipliée par R
- Le coefficient de réaction est multiplié par R

Des informations complémentaires et un exemple d'application sont fournis respectivement dans les parties C et D du manuel.

B.5.1.3. Caractéristiques de l'écran

B.5.1.3.1. Modification de la rigidité de l'écran

Cette action permet de modifier les caractéristiques mécaniques d'une section de l'écran délimitée par ses niveaux supérieur et inférieur.

B.5.1.3.2. Modification de la structure de l'écran

Cette action permet de rehausser l'écran en tête ou de l'approfondir en pied.

B.5.1.4. Ancrages et appuis

Les ancrages, tirants scellés exceptés, travaillent selon l'un des deux modes définis dans « Options de calcul avancées » (dans la fenêtre « Titre et Options »). Ces modes sont considérés de la manière suivante :

- Activation dès la phase de mise en place : dans ce cas, la raideur de l'ancrage est **toujours** prise en compte dès la phase de pose ;
- Activation en deux temps si la précontrainte est active : la raideur n'est prise en compte qu'à partir de la phase postérieure à celle de la mise en place, **à condition que l'ancrage soit initialement précontraint**. Si ce n'est pas le cas, l'ancrage travaille comme dans le premier mode.

Il est possible de **modifier un ancrage ou appui** précédemment défini, en sélectionnant **Modifier**. Il apparaît une liste déroulante avec l'ensemble des éléments existants et modifiables, chacun identifié par son numéro de déclaration et ses caractéristiques.

Pour **désactiver un ancrage ou appui** précédemment défini, sélectionner **Désactiver**. Il apparaît une liste déroulante contenant l'ensemble des éléments que l'utilisateur peut désactiver.

B.5.1.4.1. Tirant

Cette action permet d'activer, de modifier ou de désactiver un lit de tirants scellés. Par souci de simplification, nous désignerons « lit de tirants » par « tirant » dans la documentation et dans l'interface. Par convention, l'effort dans un tirant est positif en traction.

Lors de la pose d'un tirant (phase de mise en place), seule la précontrainte est prise en compte dans le calcul. La raideur du tirant est activée à partir de la phase suivante.

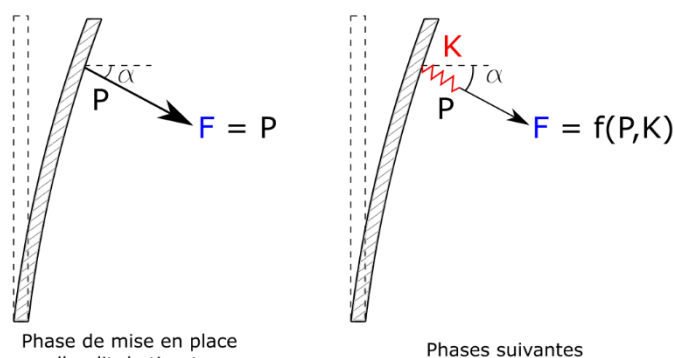


Figure B34 : Comportement d'un tirant avec précontrainte

Dans K-Réa, les caractéristiques d'un lit de tirants sont rapportées sur une longueur unitaire d'écran.

Le bouton **Assistant** donne accès à l'**Assistant tirant**. Il permet le calcul de la raideur du tirant et de l'effort de précontrainte par longueur unitaire à partir des formules indiquées dans la notice technique (Partie C du manuel).

B.5.1.4.2. *Buton*

Cette action permet d'activer, de modifier ou de désactiver un lit de boutons. Par souci de simplification, nous désignerons « lit de boutons » par « bouton » dans la documentation et dans l'interface. Par convention, l'effort dans un bouton est positif en compression.

Pour rappel, le calcul se fait pour une longueur unitaire d'écran.

Le bouton **Assistant** donne accès à l'**Assistant bouton**. Ce dernier permet de calculer la raideur du bouton et sa précontrainte éventuelle par longueur unitaire à partir des formules indiquées dans la notice technique (Partie C du manuel).

Il inclut également un outil d'évaluation de la raideur équivalente d'un bracon.

A l'issue de la saisie de valeurs, K-Réa affiche les valeurs retenues pour K , P et $F_{adm\ cp}$ ou $\sigma_{adm\ cp}$, dans la partie droite de la fenêtre.

Quatre figures d'aides sont disponibles en cliquant sur les boutons .

B.5.1.4.3. *Encastrement*

Un **encastrement** correspond à un ancrage qui s'oppose à la rotation de l'écran (autrement dit, un ressort spiral). Cette commande permet d'activer, de modifier ou de désactiver ce type ancrage. Par convention, le moment induit dans un encastrement est positif dans le sens horaire.

B.5.1.4.4. *Lierne circulaire*

Cette action permet d'activer, de modifier ou de désactiver une lierne circulaire. Par convention, l'effort dans une lierne est positif en compression.

Contrairement aux autres ancrages et appuis, les caractéristiques d'une lierne ne sont pas rapportées à la longueur unitaire de l'écran. L'effort orthoradial dans une lierne circulaire est exprimé en kN ou en kip.

Une figure d'aide est disponible en cliquant sur le bouton .

B.5.1.4.5. *Appui surfacique*

Cette action permet d'activer, de modifier ou de désactiver un appui surfacique. Par convention, l'effort dans un tel appui est positif en compression.

B.5.1.4.6. *Liaison linéique*

Cette action est disponible uniquement dans le cadre d'un projet double-écran, elle permet d'activer, de modifier ou de désactiver une liaison linéique reliant les deux écrans.

Le bouton **Assistant** donne accès à l'**Assistant liaison linéique**. Ce dernier permet de calculer la raideur de la liaison et sa précontrainte éventuelle par unité de longueur à partir des formules indiquées dans la notice technique (cf. Partie C du manuel).

B.5.1.4.7. *Liaison surfacique (dalle)*

Cette action est disponible uniquement dans le cadre d'un projet double-écran, elle permet d'activer, de modifier ou de désactiver une liaison surfacique entre les deux écrans.

B.5.1.5. **Chargement sur le sol et l'écran**

Il est possible de **modifier une charge** précédemment définie, en sélectionnant **Modifier**. Il apparaît une liste déroulante avec l'ensemble des éléments existants et modifiables, chacun identifié par son numéro de déclaration et ses caractéristiques.

Pour **désactiver une charge** précédemment définie, sélectionner **Désactiver**. Il apparaît une liste déroulante contenant l'ensemble des éléments que l'utilisateur peut désactiver.

Dans le cas où les vérifications ELU ont été demandées, il est nécessaire de définir la nature de la surcharge en précisant si elle est **permanente** ou **variable et/ou favorable** ou **défavorable**. Ce choix conditionne la valeur du coefficient partiel qui sera appliqué à la charge (cf. § B.3.1.3).

Dans le cas où le calcul de cas de charges a été activé (cf. § B.3.6), il est nécessaire d'attribuer la surcharge à une **famille** de charges à l'aide de la liste déroulante constituée de l'ensemble des familles définies au préalable.

B.5.1.5.1. Surcharge de Caquot

Cette action permet d'appliquer une surcharge verticale semi-infinie sur le sol situé d'un côté de l'écran (le détail de la prise en compte de ce type de surcharge dans les calculs est explicité dans la partie C du manuel).

Il est également possible d'importer automatiquement les propriétés d'une surcharge de Caquot définie précédemment dans le projet : sélectionner la surcharge à importer dans la liste déroulante puis cliquer sur le bouton **Transférer**.



Les actions « Excavation » et « Remblaiement » annulent les surcharges de Caquot définies précédemment du même côté de l'écran.

B.5.1.5.2. Surcharge de Boussinesq

Cette action permet d'appliquer une surcharge localisée verticale de type Boussinesq sur une largeur limitée dans le sol situé à un côté de l'écran (la partie C du manuel détaille la prise en compte des surcharges de Boussinesq dans les calculs).

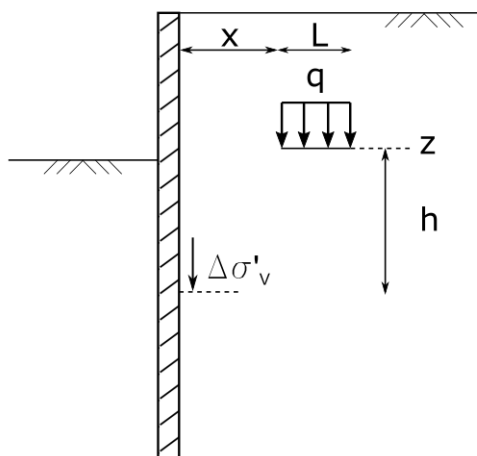


Figure B35 : Schéma de principe d'une surcharge de Boussinesq



Les actions « Excavation » et « Remblaiement » annulent les surcharges de Boussinesq définies précédemment du même côté de l'écran.

B.5.1.5.3. Surcharge de Graux

Cette action permet d'appliquer une surcharge verticale localisée de type Graux sur une largeur limitée dans le sol situé sur un côté de l'écran. Cette surcharge est diffusée « uniformément » à l'intérieur du fuseau de diffusion conformément à la figure ci-dessous (la partie C du manuel détaille la prise en compte de ce type de surcharge de Graux dans les calculs).

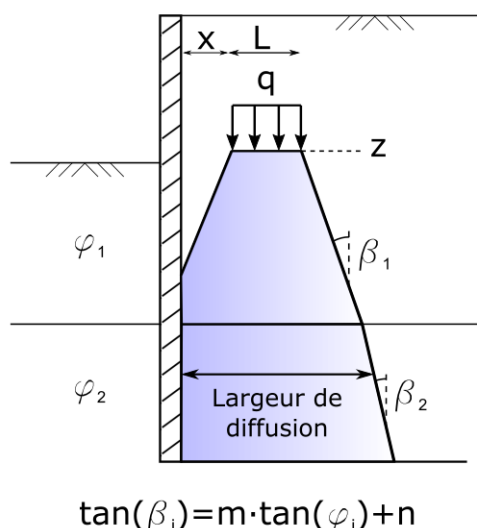


Figure B36 : Schéma de principe d'une surcharge de Graux



Les actions « Excavation » et « Remblaiement » annulent les surcharges de Graux définies précédemment du même côté de l'écran.

B.5.1.5.4. Force linéique

Cette action permet de gérer (activer, modifier ou désactiver) les forces linéiques appliquées directement à l'écran.

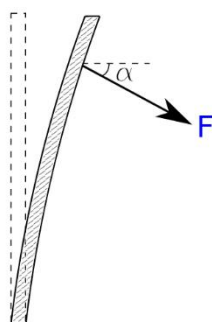


Figure B37 : Schéma de principe d'une force linéique

B.5.1.5.5. Moment linéique

Cette action permet de gérer (activer, modifier ou désactiver) les moments linéiques appliqués directement sur l'écran.

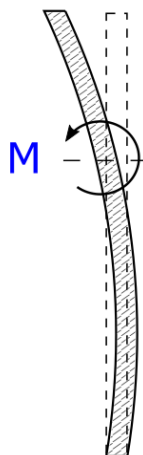


Figure B38 : Schéma de principe d'un moment

B.5.1.5.6. Charge trapézoïdale

Cette commande permet de gérer (activer, modifier ou désactiver) les charges trapézoïdales appliquées directement à l'écran.

B.5.2 Actions 3D

K-Réa propose au total 19 actions permettant de simuler le phasage de construction d'un projet 3D donné. Chacune de ces actions s'appliquent à un seul écran ou bien, à tous les écrans du projet Ceci se définit à l'aide de la liste déroulante dédiée.

Le tableau suivant présente ces actions par groupe :

Travaux	Excavation
	Action hydraulique
	Remblaiement
Caractéristiques des sols	Modification d'une couche de sol
	Diagramme de pressions imposées
Caractéristiques de l'écran	Modification des caractéristiques de l'écran
Ancrages et appuis	Buton
	Lierne
	Tirant scellé
	Dalle
	Radier
	Poutre
	Butons multiples
	Tirants scellés multiples
	Poutre multiples

Chargement sur le sol et l'écran	Surcharge de Caquot
	Surcharge de Boussinesq
	Force ponctuelle sur l'écran
	Charge surfacique sur l'écran
	Force ponctuelle multiples

Tableau B4 : Actions 3D disponibles pour la définition du phasage

B.5.2.1. Actions Travaux

B.5.2.1.1. Excavation

Cette action sert à la définition d'une excavation sur un côté de l' (des)écran(s). Le niveau d'excavation est par défaut horizontal.

Quelques consignes liées à l'action « excavation » :

- Contrairement aux modèles 2D, puisqu'une surcharge n'est plus associée à un unique écran, cette action n'annule PAS les surcharges de Caquot et Boussinesq existantes sur le sol.



- Le niveau z_h d'une nouvelle excavation doit être inférieur au niveau précédent.

Le niveau inférieur d'un remblaiement (z_b) sera considéré par défaut égal au niveau en contact avec l'écran précédemment. Dans le cas d'un projet où les niveaux devant les différents écrans sont différents avant remblaiement, un remblaiement sur « Tous » agit bien à partir de la cote initiale du terrain devant chaque écran.

B.5.2.1.2. Action hydraulique

Cette commande permet de définir les conditions hydrauliques et de corriger éventuellement les pressions d'eau afin de tenir compte soit d'un gradient hydraulique associé au régime d'écoulement accompagnant un rabattement de nappe, soit de la présence de passages imperméables ou de nappes perchées dans les différentes couches.

Il est important de noter que la définition d'une action hydraulique impacte à la fois le calcul de la pression d'eau s'exerçant horizontalement sur l'écran (ou les écrans) et celui de la contrainte effective verticale dans le sol (pour plus d'informations, consulter la partie C du manuel).

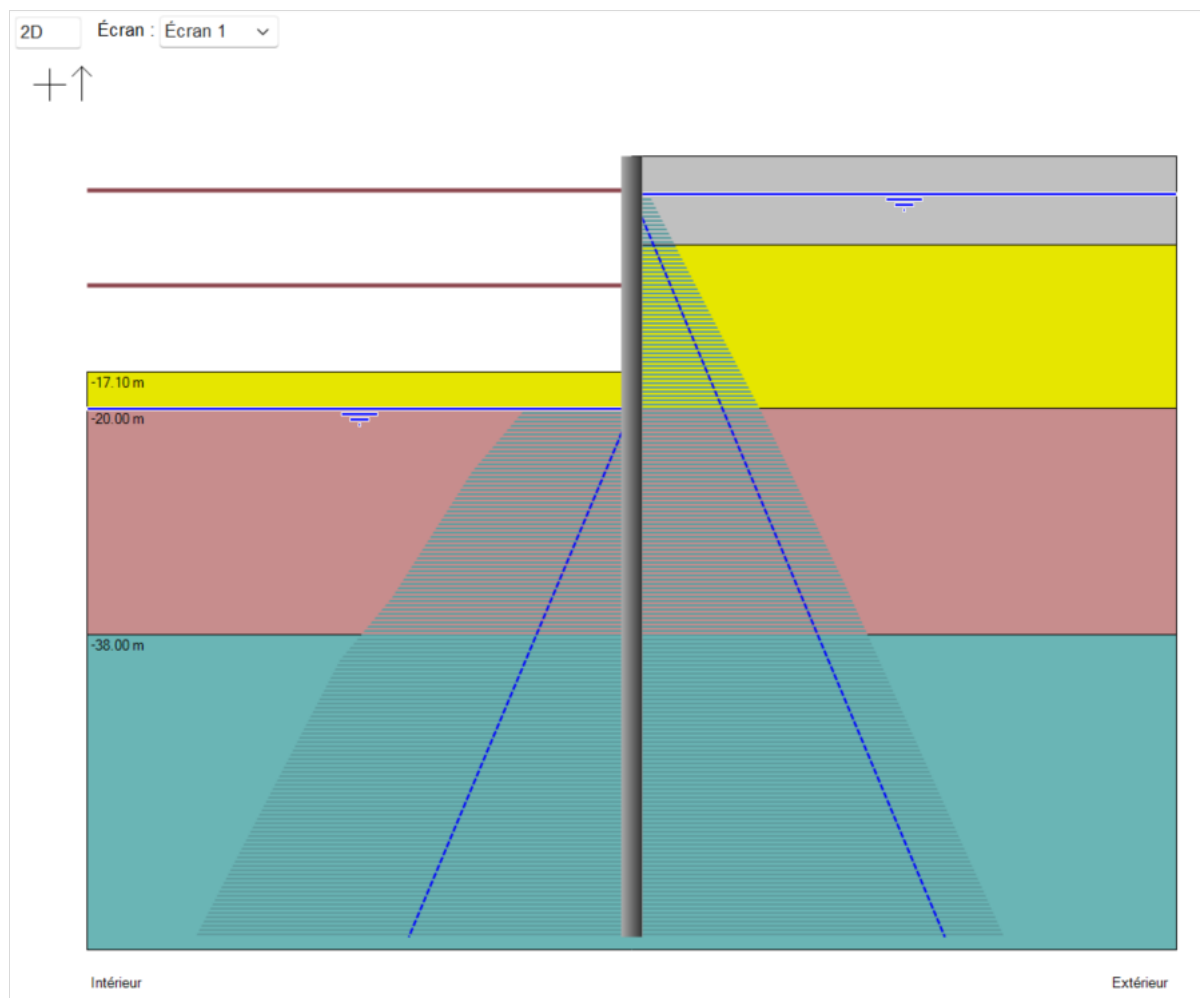


Figure B39 : Exemple de définition d'un gradient hydraulique 3D

Il est possible d'imposer un diagramme de pressions ou de potentiels pour définir, par exemple, un gradient hydraulique. Pour ceci, il est nécessaire de cocher la case correspondante et de renseigner point par point :

- **Niveau** (cote ou profondeur) du point du diagramme
- **Potentiel** ou **Pression** (selon l'option retenue dans la fenêtre "Titre et options") à prendre en considération pour ce point

B.5.2.1.3. Remblaiement

Cette fonctionnalité permet de réaliser un remblaiement dont la base repose sur le sol existant. La surface supérieure du remblai est par défaut horizontale.

Il est possible :

- De saisir ou de modifier les paramètres d'un remblai en cliquant sur le bouton **Saisie des paramètres du sol**
- D'importer les caractéristiques d'un sol existant dans le projet en cours, en le sélectionnant dans la liste déroulante située sous la figure d'aide et en cliquant sur le bouton **Transférer**
- D'importer les caractéristiques d'un sol existant dans la base de données en cliquant sur le bouton **Importer un sol de la Bdd des sols**
- D'enregistrer un remblai dans la base de données des sols en cliquant sur le bouton **Ajouter ce remblai à la Bdd des sols**.

Quelques consignes liées à l'action « remblaiement » :

- La partie C du manuel détaille la prise en compte d'un remblaiement, notamment en ce qui concerne la phase de mise en place.
Le coefficient k_i est pris couramment dans l'intervalle $[k_a, k_0]$: l'utilisation de k_0 correspond en général au cas de remblais compactés, tandis que l'utilisation de k_a est à privilégier pour des remblais mis en place de manière purement gravitaire.
- Il est possible de créer plusieurs remblais successifs avec des caractéristiques différentes du même côté de l'écran (dans des phases successives).
- En 3D, cette action n'annule PAS les surcharges précédemment appliquées sur le sol.

Le niveau inférieur d'un remblaiement (z_b) sera considéré par défaut égal au niveau en contact avec l'écran précédemment.

B.5.2.2. Caractéristiques des sols

B.5.2.2.1. Modification d'une couche de sol

Cette action permet de modifier les caractéristiques d'une couche de sol en cours du phasage. La modification des paramètres de cette couche peut se faire à gauche, à droite ou des deux côtés de l'écran.

Cette action permet de modifier un ou plusieurs paramètres d'une couche de sol, indépendamment les uns des autres. Les assistants présents dans la fenêtre de définition des couches de sol sont également disponibles sur cette fenêtre.

La modification des paramètres s'applique à la couche choisie à partir de la phase en cours. Pour modifier les paramètres d'une autre couche, il faut ajouter une autre action Modification des couches de sol dans la liste des actions de la même phase, choisir l'autre couche à modifier puis saisir les nouveaux paramètres. Cette procédure est à répéter autant de fois que souhaité.

Dans le cadre de définition des nouveaux paramètres d'une couche de sol, le bouton **Paramètre n-1** permet de compléter automatiquement les paramètres en récupérant l'ensemble de paramètres définis dans la phase précédente. De manière analogue, le bouton **Paramètres phase 0** permet d'importer les paramètres initiaux de la couche de sol considérée. Les valeurs copiées sont ensuite modifiables en consultant la fenêtre de l'assistant de saisie des paramètres de sol : **Saisie des paramètres de sol**.

B.5.2.2.2. Diagramme de pression imposée

Cette action permet d'imposer les diagrammes de pressions (limites ou au repos) d'un côté de l'écran. Elle est applicable dans le cas où la configuration du terrain ne permet pas d'utiliser les coefficients de poussée (limites ou au repos) appliqués par défaut dans K-Réa.

Le diagramme de pressions de poussée ou butée limite peut être calé à l'aide de la méthode cinématique du calcul à la rupture implémentée sur Talren. La méthode permet de considérer tout type de situations, en particulier les géométries très complexes (profil de terrain naturel quelconque avec des couches de sol par forcément horizontales et régulières). La prise en compte des renforcements est également possible si l'on souhaite considérer son rôle vis-à-vis de la stabilité de l'écran. La méthode de calcul à la rupture permet également de considérer la présence de conditions sismiques si l'utilisateur le souhaite.

Pour chaque type de pression, deux modes de gestion sont proposés :

- **Automatique** : dans ce cas, le moteur de calcul génère automatiquement le diagramme de pressions limites et au repos du sol comme si l'action « Diagramme de pressions imposées » n'existait pas,
- **Imposé** : dans ce cas, le moteur de calcul utilise le diagramme imposé défini point par point par l'utilisateur et le complète, le cas échéant, par celui généré automatiquement. Il est possible de modifier les diagrammes suivants :
 - Poussée limite p_a
 - Pression au repos p_0
 - Butée limite p_b

Une interprétation graphique est proposée exclusivement pour les diagrammes imposés. Le code de couleur est le suivant :

- Noir : pression au repos p_0
- Bleu : butée limite p_b
- Rouge : poussée limite p_a

Les valeurs de pressions limites à introduire correspondent à la projection horizontale du diagramme de poussée/butée éventuellement incliné. Comme évoqué précédemment, Ce diagramme peut être calé à l'aide de la méthode cinématique de calcul à la rupture implémenté sur Talren.

B.5.2.3. Caractéristique de l'écran

B.5.2.3.1. Modification des caractéristique de l'écran

Cette action permet de modifier les caractéristiques mécaniques d'une section de l'écran délimitée par ses niveaux supérieur et inférieur. Il est important de noter que le coefficient k est appliqué sur la raideur **initiale**, et non la raideur de la phase précédente.

B.5.2.4. Ancrage et appuis

Les ancrages, tirants scellés et poutres exceptés, travaillent selon l'un des deux modes définis dans « Options de calcul avancées » (dans la fenêtre « Titre et Options »). Ces modes sont considérés de la manière suivante :

- Activation dès la phase de mise en place : dans ce cas, la raideur de l'ancrage est **toujours** prise en compte dès la phase de pose ;
- Activation en deux temps si la précontrainte est active : la raideur n'est prise en compte qu'à partir de la phase postérieure à celle de la mise en place, **à condition que l'ancrage soit initialement précontraint**. Si ce n'est pas le cas, l'ancrage travaille comme dans le premier mode.

Il est possible de **modifier un ancrage ou appui** précédemment défini, en sélectionnant **Modifier**. Il apparaît une liste déroulante avec l'ensemble des éléments existants et modifiables, chacun identifié par son numéro de déclaration et ses caractéristiques.

Pour **désactiver un ancrage ou appui** précédemment défini, sélectionner **Désactiver**. Il apparaît une liste déroulante contenant l'ensemble des éléments que l'utilisateur peut désactiver.

B.5.2.4.1. Buton

Cette action permet d'activer, de modifier ou de désactiver un buton. En 3D, il s'agit effectivement d'un unique bouton, et non d'un lit de boutons comme dans le cadre d'une modélisation en déformations planes.

Les coordonnées à saisir se situent sur les deux murs A et B aux extrémités du bouton.

Le bouton **Assistant** donne accès à l'**Assistant bouton**. Ce dernier permet de calculer la raideur du bouton et sa précontrainte éventuelle à partir des formules indiquées dans la notice technique (Partie C du manuel).

A l'issue de la saisie de valeurs, K-Réa affiche les valeurs retenues pour ES, P et $F_{adm\ cp}$ ou $\sigma_{adm\ cp}$, dans la partie droite de la fenêtre.

Une figure d'aide est disponible en cliquant sur le bouton .

B.5.2.4.2. Lierne

Cette action permet d'activer, de modifier ou de désactiver une lierne. Les conventions de signe sont indiquées dans la notice C.

B.5.2.4.3. Tirant scellé

Cette action permet d'activer, de modifier ou de désactiver un tirant scellé. En 3D, il s'agit effectivement d'un unique tirant scellé au terrain, contrairement au calcul en déformations planes. Par convention, l'effort dans un tirant est positif en traction.

Lors de la pose d'un tirant (phase de mise en place), seule la précontrainte est prise en compte dans le calcul. La raideur du tirant est activée à partir de la phase suivante.

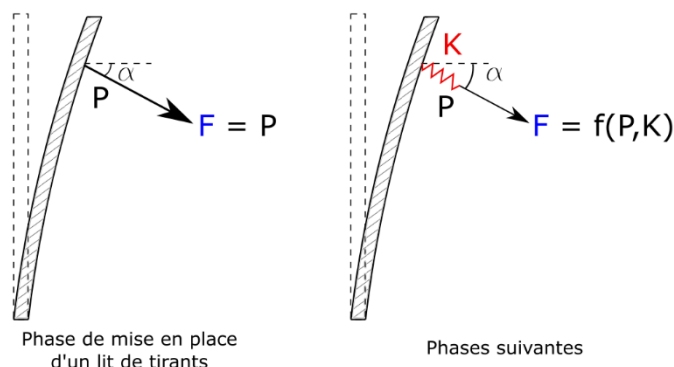


Figure B40 : Comportement d'un tirant avec précontrainte

Dans K-Réa, les caractéristiques d'un lit de tirants sont rapportées sur une longueur unitaire d'écran.

Le bouton **Assistant** donne accès à l'**Assistant tirant**. Il permet le calcul de la raideur du tirant et de l'effort de précontrainte à partir des formules indiquées dans la notice technique (Partie C du manuel).

Une figure d'aide est disponible en cliquant sur le bouton .

B.5.2.4.4. *Dalle*

Cette action permet d'activer, de modifier ou de désactiver une dalle.

K-Rea offre la possibilité de créer des trémies rectangulaires qui sont définie par les coordonnées du coin de plus petits x,y, et par ses dimensions suivant les deux axes x,y. Il est précisé que les trémies peuvent dépasser de l'emprise de la fouille pour faciliter la définition de dalles ne recouvrant que partiellement la fouille.

Deux dalles ne peuvent être définies au même niveau.

B.5.2.4.5. *Radier*

Cette action permet d'activer, de modifier ou de désactiver un radier. Le plan médian de celui-ci doit obligatoirement être défini une demi-épaisseur au-dessus du niveau du fond de fouille. La différence de comportement avec une dalle est explicitée dans la notice technique.

B.5.2.4.6. *Poutre*

Cette action permet d'activer, de modifier ou de désactiver une poutre.

Les coordonnées à saisir se situent sur les deux murs A et B aux extrémités de la poutre.

B.5.2.4.7. *Butons multiples*

Cette action permet d'activer plusieurs boutons à l'aide d'un seul tableau.

Dans ce tableau, il est possible de coller des données issue du presse-papiers Windows, provenant de MS Excel^(®) par exemple.

B.5.2.4.8. *Tirants scellés multiples*

Cette action permet d'activer plusieurs de tirants à l'aide d'un seul tableau.

Dans ce tableau, il est possible de coller des données issue du presse-papiers Windows, provenant de MS Excel^(®) par exemple.

B.5.2.4.9. *Poutres multiples*

Cette action permet d'activer plusieurs poutres à l'aide d'un seul tableau.

Dans ce tableau, il est possible de coller des données issue du presse-papiers Windows, provenant de MS Excel^(®) par exemple.

B.5.2.5. Chargement sur le sol et l'écran

B.5.2.5.1. *Surcharge de Caquot*

Cette action permet d'appliquer une surcharge verticale semi-infinie sur le sol situé à l'intérieur ou à l'extérieur de la structure (le détail de la prise en compte de ce type de surcharge dans les calculs est explicité dans la partie C du manuel).



Contrairement au calcul en déformations planes, les actions « Excavation » et « Remblaiement » n'annulent PAS les surcharges de Caquot définies précédemment du même côté de l'écran dans le calcul 3D.

B.5.2.5.2. Surcharge de Boussinesq

Cette action permet d'appliquer une surcharge localisée verticale de type Boussinesq sur une largeur limitée dans le sol situé à un côté de l'écran (la partie C du manuel détaille la prise en compte des surcharges de Boussinesq dans les calculs).

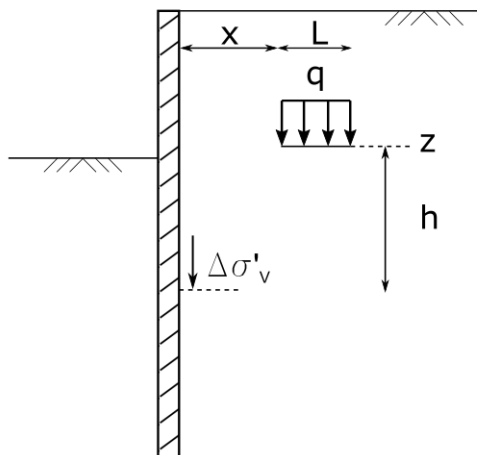


Figure B41 : Schéma de principe d'une surcharge de Boussinesq



Contrairement au calcul en déformations planes, les actions « Excavation » et « Remblaiement » n'annulent PAS les surcharges de Boussinesq définies précédemment du même côté de l'écran dans le calcul 3D (une surcharge pouvant s'appliquer sur plusieurs écrans).

B.5.2.5.3. Force ponctuelle sur l'écran

Cette action permet d'appliquer une force ponctuelle sur un écran.

B.5.2.5.4. Force ponctuelles multiples

Cette action permet d'activer plusieurs forces ponctuelles à l'aide d'un seul tableau.

Dans ce tableau, il est possible de coller des données issues du presse-papiers Windows, provenant de MS Excel[®] par exemple.

B.5.3 Actions automatiques

B.5.3.1. Options MEL (Méthode aux Equilibres Limites)

Cette action est disponible en 2D uniquement. Elle permet de contrôler les options disponibles dans le cadre des vérifications à l'ELU pour les phases pendant lesquelles l'écran est défini comme autostable (calcul MEL), c'est-à-dire les phases pour lesquelles la case **Ecran en console** est cochée.

Cette commande comporte 2 sections :

- **Surexcavation** : définition des surexcavations à prendre à compte dans les vérifications à l'ELU
- **Options du calcul MEL** : paramétrage des options intervenant dans le calcul MEL

Les paramètres de cette action automatique sont les suivants :

- **Δa_{gauche}** : valeur de la surexcavation du côté gauche de l'écran à prendre en compte lors des vérifications à l'ELU (MEL)
- **Δa_{droite}** : valeur de la surexcavation du côté droit de l'écran à prendre en compte lors des vérifications à l'ELU (MEL)
- **Méthode de calcul** : méthode de calcul utilisée pour les vérifications MEL. Le choix « Automatique » est coché par défaut. Dans ce cas, la méthode D est utilisée. Si vous décochez cette option, vous pourrez choisir d'appliquer la méthode F ou la méthode D pour cette phase (cf. Partie C du manuel pour les détails de ces deux méthodes de calcul). Lorsque la méthode D est sélectionnée, une option supplémentaire permet de définir la fiche de calcul
- Une case à cocher permet de Calculer également les sollicitations à l'ELU à partir d'un calcul MISS

Trois choix sont alors disponibles pour la base de la fiche prise en compte par le calcul MEL :

- **Pied de l'écran** : la base de la fiche considérée correspond au pied de l'écran (option par défaut),
- **Niveau $z_c - 0.2 \times f_0$** : la base de la fiche considérée correspond au point de l'écran $z_{\text{base}} = z_c - 0.2 \times f_0$ et est évaluée automatiquement par le moteur de calcul une fois z_c et f_0 calculés,
- **Personnalisé** : la base de la fiche considérée est fixée par l'utilisateur (m ou ft).
- **Sélection du côté de la butée** : côté considéré en butée lors des vérifications effectuées pour cette phase. Par défaut, la case « Automatique » est cochée pour cette option. Dans ce cas, le côté pour lequel le rapport de butées est le plus faible en calcul MISS est celui retenu. Si vous décochez cette option, vous pourrez forcer le choix du côté considéré pour la butée (cf. Partie C du manuel).
- **Correction automatique des inclinaisons de contre-butée** : permet de corriger automatiquement les inclinaisons de contre-butée lors de l'évaluation des vérifications pour cette phase (cf. Partie C du manuel + Partie D/Tutoriel 3).

Lorsque l'utilisateur désactive cette option, un tableau contenant les couches de sol présentes dans la phase en cours apparaît. Ce tableau permet à l'utilisateur de définir des paramètres personnalisés de la contre-butée.

Par défaut, pour chaque couche de sol, les paramètres de la contre-butée ($\delta_{p(\text{cb})}/\varphi$, $k_{p\gamma(\text{cb})}$ et $k_{pc(\text{cb})}$) sont pris égaux à ceux de la butée (valeurs de δ_p/φ , $k_{p\gamma}$ et k_{pc}).

Afin de pouvoir assurer simultanément la vérification des bilans des efforts verticaux et horizontaux avec des pressions compatibles, l'utilisateur pourra être amené, le cas échéant, à modifier l'inclinaison de la contrebutée $\delta_{p(\text{cb})}/\varphi$ (cf. Exemple 3 de la partie D du manuel).

Ces paramètres sont utilisés dans le cadre des calculs de vérification ELU (MEL) tels que décrits dans la partie C du manuel.

B.5.3.2. Options ELU (MISS)

Cette commande est disponible en 2D uniquement. Elle permet de contrôler les options disponibles dans le cadre des vérifications ELU pour les phases pendant lesquelles l'écran est considéré ancré (calcul MISS), c'est-à-dire les phases pour lesquelles la case **Ecran en console** est décochée.

Cette commande comporte 2 sections :

- **Surexcavation** : définition des surexcavations à prendre à compte dans les vérifications ELU
- **Options Kranz** : paramétrage des options intervenant dans le cadre du calcul Kranz

Les paramètres de cette commande sont les suivants :

- **Δa_{gauche}** : valeur de la surexcavation du côté gauche de l'écran à prendre en compte lors des vérifications ELU (MISS)
- **Δa_{droite}** : valeur de la surexcavation du côté droit de l'écran à prendre en compte lors des vérifications ELU (MISS)
- **Position z_D du point d'effort tranchant nul** : permet de choisir la manière dont est fixé le point z_D utilisé lors du calcul Kranz (cf. Partie C du manuel). Le choix « Automatique » est coché par défaut, auquel cas le moteur de calcul considère comme point d'effort tranchant le point le plus bas compris entre le pied de l'écran et le fond de fouille. Si cette option est décochée, il est possible d'imposer le niveau considéré pour le point z_D .

B.5.4 Séisme (calcul sismique)

Cette action permet de définir les caractéristiques d'un calcul sismique relatif à une phase pour laquelle la case **Calcul sismique** a été cochée.

Il est à noter que cette option n'est disponible que dans les phases pour lesquelles l'utilisateur n'a pas encore inséré d'actions. Inversement, l'activation de cette option désactive la possibilité de créer de nouvelles actions dans la phase courante.

La phase est ensuite considérée comme « orpheline ». Cela signifie qu'une phase sans séisme définie après une phase avec séisme prendra comme référence pour son état initial la dernière phase sans séisme définie précédemment et non pas la phase de calcul sismique. Le schéma suivant explique la prise en compte du phasage lorsque des phases avec séisme sont présentes.

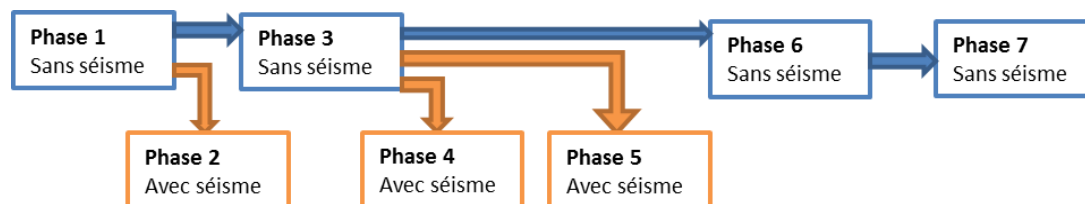


Figure B42 : Phasage de calcul avec traitement des phases avec séisme

Cette commande comporte 2 sections :

- **Paramètres d'accélération** : caractéristiques du séisme
 - kh : coefficient sismique horizontal
 - kv : coefficient sismique vertical
 - XP : facteur de limitation de la butée (≤ 1)
- **Paramètres des sols : comportement des sols lors du calcul sous séisme. Pour chaque couche de sol :**
 - $\square$: poids volumique humide (kN/m³, kcf)
 - $\square_d$: poids volumique sec (kN/m³, kcf)
 - Comportement hydraulique à gauche et à droite : permet de choisir entre un comportement ouvert (sol très perméable) ou fermé (sol peu perméable) pour la couche de sol sélectionnée de chaque côté de l'écran.
 - Le calcul des effets sismiques est mené selon la méthode « pseudo-statique ». Le moteur de calcul de K-Réa utilise les paramètres ci-dessus pour les opérations suivantes :
 - Correction des diagrammes de poussée/butée limitée de chaque côté de l'écran tenant compte de l'action sismique
 - Correction des profils hydrauliques de chaque côté de l'écran dans les niveaux où la nappe est libre et/ou ceux où le sol a été déclaré comme milieu « ouvert »
 - Application d'une forces d'inertie associées à la masse de l'écran.
- La description mathématique de la méthode de calcul utilisée est détaillée dans la partie C du manuel.

B.6. Calculs et résultats



Les calculs menés par K-Réa sont réalisés pour une longueur unitaire de l'écran, ainsi la plupart des données et des résultats se rapportent à cette longueur unitaire. L'unité /m (par mètre) ou lft (par pied) est rappelée de manière explicite dans les résultats fournis.

B.6.1 Présentation générale

B.6.1.1. Calcul

Cliquer sur le bouton **Calculer** situé dans la barre des boutons pour lancer les calculs de toutes les phases de calcul et de vérifications à l'ELU si elles ont été demandées.

Les calculs peuvent être effectués à tout moment (en phase initiale, au cours du phasage ou dans la phase finale) à partir du moment où les données de sol, de(s) écran(s) et des actions sont correctement renseignées.

B.6.1.2. Organigramme des calculs

Les résultats disponibles dépendent du type de calcul effectué. L'organigramme de calcul suivant explicite les résultats obtenus pour les différents types de calcul disponibles. La partie C du manuel fournit les explications détaillées sur les différents types de calcul évoqués dans cet organigramme.

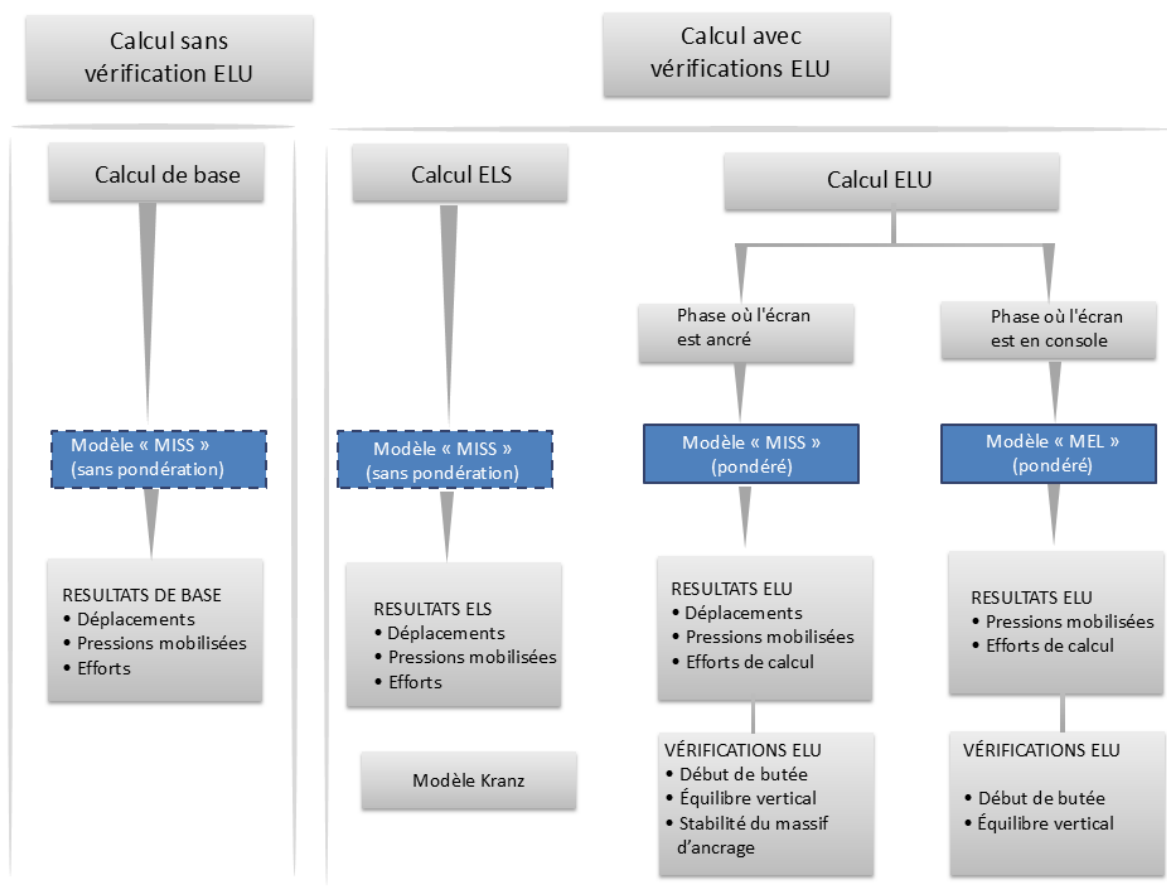


Figure B43 : Organigramme de calcul et résultats obtenus pour chaque type de calcul

B.6.1.3. Résultats pour un calcul sans vérifications ELU

Toutes les phases sont traitées à l'aide du calcul MISS de « base » réalisé sans pondération sur les caractéristiques des sols et des surcharges.

Les résultats obtenus comportent : les déplacements de l'écran, les moments fléchissants, les efforts tranchants, les pressions mobilisées ainsi que les réactions des appuis.

Le chapitre B.6.2 fournit la présentation détaillée des résultats du calcul MISS « de base ».

B.6.1.4. Cas d'un calcul avec vérifications ELU

Pour chaque phase, deux calculs sont effectués :

- **Un calcul ELS** : calcul basé sur un modèle MISS réalisé sans pondération sur les caractéristiques des sols et des surcharges. Les résultats de ce calcul sont strictement identiques à ceux d'un calcul « sans vérifications ELU » : déplacements, moments fléchissants, efforts tranchants, pressions mobilisées et réactions des appuis.

Voir le chapitre B.6.2.5 pour la présentation détaillée des résultats ELS tels qu'ils sont affichés dans K-Réa (la présentation de ces résultats est très proche de celle des résultats du calcul MISS de base).

- **Un calcul ELU** : calcul basé sur un modèle MISS pondéré complété par un calcul MEL pour les phases où l'écran est considéré comme en console.
- Les résultats disponibles sont les suivants :
 - Déplacements de l'écran (pour les phases où l'écran est ancré) ;
 - Valeurs de calcul des moments fléchissants et des efforts tranchants ;
 - Valeurs de calcul des pressions mobilisées ;
 - Valeurs de calcul des efforts dans les appuis.

Voir le chapitre B.6.3 pour la présentation détaillée des résultats ELU (MISS) tels qu'ils sont affichés dans K-Réa.

Les résultats des vérifications à l'ELU suivantes sont également disponibles :

- Vérification du défaut de butée
- Vérification de l'équilibre vertical
- Vérification de la stabilité du massif d'ancrage (Kranz) pour les phases où l'écran est ancré

Voir le chapitre 0 pour la présentation détaillée des résultats des vérifications tels qu'ils sont affichés dans K-Réa.

B.6.2 Calcul sans vérifications ELU

B.6.2.1. Résultats disponibles dans la fenêtre principale de K-Réa

Après la fin des calculs, une partie des résultats est affichée sous forme graphique dans la fenêtre principale dans le cadre de gestion de la phase en cours : déplacements, moments fléchissants et efforts tranchants.

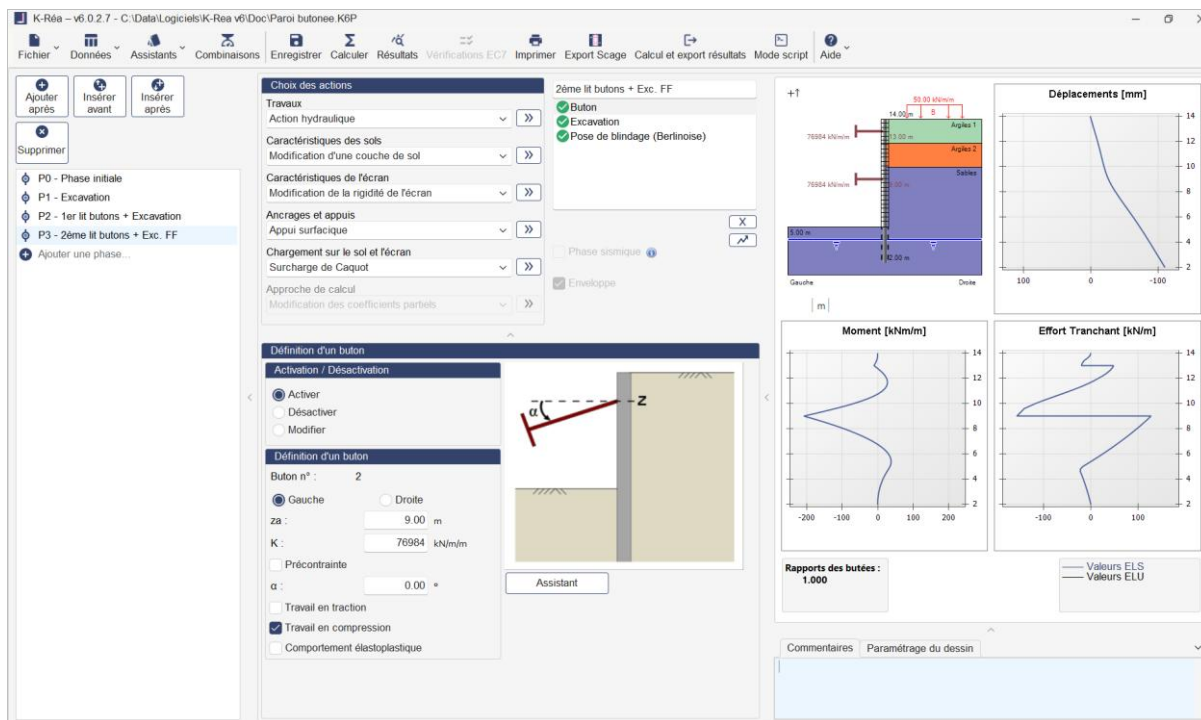


Figure B44 : Affichage des résultats MISS (sans vérifications ELU) dans la fenêtre principale

Le rapport (butée mobilisable/butée mobilisée) est également affiché sur la fenêtre principale. Un message d'avertissement apparaît dans le cadre de gestion du phasage si le calcul atteint le nombre maximal d'itérations par phase. Par des raisons de cohérence, ce message apparaît aussi pour toutes les phases suivant une phase pour laquelle le calcul n'a pas convergé.

Attention, le nombre limite d'itérations a été atteint !!!

Essayez d'affiner le pas de calcul, ou d'augmenter le nombre d'itérations autorisé par phase. Si le problème persiste, nous vous recommandons de vérifier les données de votre projet et de rechercher les causes d'instabilité possibles.

Il est bien sûr possible d'accéder à des résultats plus détaillés en ouvrant la fenêtre des résultats : il s'agit d'une fenêtre spécifique qui respecte le même principe de fonctionnement que le cadre de gestion du phasage, à savoir, via des onglets. Pour ceci, cliquer sur le bouton **Résultats** qui se trouve dans la barre des boutons.

B.6.2.2. Fenêtre des résultats / Onglet « Données »

Lorsque la fenêtre de résultats s'affiche, elle s'ouvre par défaut sur le premier onglet qui est celui du rappel des données générales du projet.

Sur cet onglet sont regroupées, dans le cadre d'un projet écran simple, toutes les données des caractéristiques de sol et de l'écran, ainsi que les options de calcul choisies et les actions effectuées dans la phase initiale (p. ex. la poussée réduite).

B.6.2.3. Fenêtre de résultats / Onglet « Synthèse des résultats »

L'onglet « Synthèse des résultats », qui suit celui consacré aux données, présente sous forme de tableau synthétique les extrema obtenus pour les principaux types de résultats, pour chaque phase de calcul et globalement sur l'ensemble du phasage (dernière ligne du tableau).

Résultats								
Données Synthèse des résultats Enveloppe phases P1 à P6 P1 : Excavation to -5.00 P2 : Anchors at level -4.00 P3 : Excavation to -9.00 P4 : Anchors at -8.00								
N° PHASE	Déplace... en tête [mm]	Déplace... maximal [mm]	M _k max écran [kNm/m]	N _k max écran [kN/m]	V _k max écran [kN/m]	Rapport butées	F _k tirant n°1 [kN/m]	F _k tirant n°2 [kN/m]
P1	-9.03	-9.03	-295.35	537.80	-73.93	9.040	-	-
P2	-7.30	-7.30	-208.90	583.38	-98.41	9.262	150.00	-
P3	-7.77	-7.77	-205.13	636.13	120.28	5.240	168.33	-
P4	-7.64	-7.64	172.19	687.56	115.21	5.444	162.34	200.00
P5	-4.20	-18.89	932.41	895.92	314.66	2.135	207.39	395.11
P6	-3.41	-24.51	763.55	892.45	311.98	2.091	202.81	424.77
Extrema	-9.03	-24.51	932.41	895.92	314.66	2.091	207.39	424.77

Figure B45 : Affichage du tableau de synthèse des résultats (écran simple, sans vérifications ELU)

Les types de résultats pour lesquels ces extrema sont fournis sont les suivants :

- **Déplacement en tête** de l'écran (en mm ou in)
- **Déplacement maximal** obtenu le long de l'écran (en mm ou in)
- **Moment fléchissant maximal** obtenu le long de l'écran (en kNm/m ou kip.ft/ft)
- **Effort tranchant maximal** obtenu le long de l'écran (en kN/m ou kip/ft)
- **Effort de voûte maximal** obtenu le long de l'écran, uniquement pour les écrans définis comme enceinte circulaire (en kN/m ou kip/ft)
- **Effort normal maximal** obtenu le long de l'écran (en kN/m ou kip/ft)
- **Rapport des butées** : rapport (butée mobilisable / butée mobilisée). Il est à noter que contrairement aux autres colonnes, l'extrema présenté en dernière ligne pour le rapport des butées est la valeur minimale rencontrée sur l'ensemble des phases (et non la valeur maximale, comme c'est le cas pour les autres colonnes).
- **Efforts dans les ancrages** : efforts repris dans les ancrages pour chaque phase (unité variable)

B.6.2.4. Fenêtre des résultats / Onglet(s) « Enveloppe »

Le(s) onglet(s) qui suit(vent) à la « Synthèse de résultats » dans la fenêtre de résultats sont consacrés aux enveloppes des déplacements, des moments fléchissants et des efforts tranchants.

- Si aucune enveloppe « intermédiaire » n'a été demandée lors de la définition du phasage, un seul onglet « Enveloppe » est disponible. Il correspond aux enveloppes calculées sur l'ensemble du phasage défini.
- Si des enveloppes intermédiaires ont été demandées lors de la définition du phasage, plusieurs onglets enveloppes sont créés et correspondent au découpage imposé par l'utilisateur à l'aide des cases cochées.

Sur chaque onglet « Enveloppe », il est possible de basculer en mode de visualisation « Graphique » ou « Tableau » grâce aux bouton-radios.

B.6.2.5. Résultats par phase : représentation graphique

Les onglets suivants correspondent aux phases définies dans le projet. Ils fournissent les graphiques (option « Graphiques » cochée par défaut) : déplacements, moments fléchissants, efforts tranchants, rotations, efforts de voûte, effort normal et pressions des terres et de l'eau.

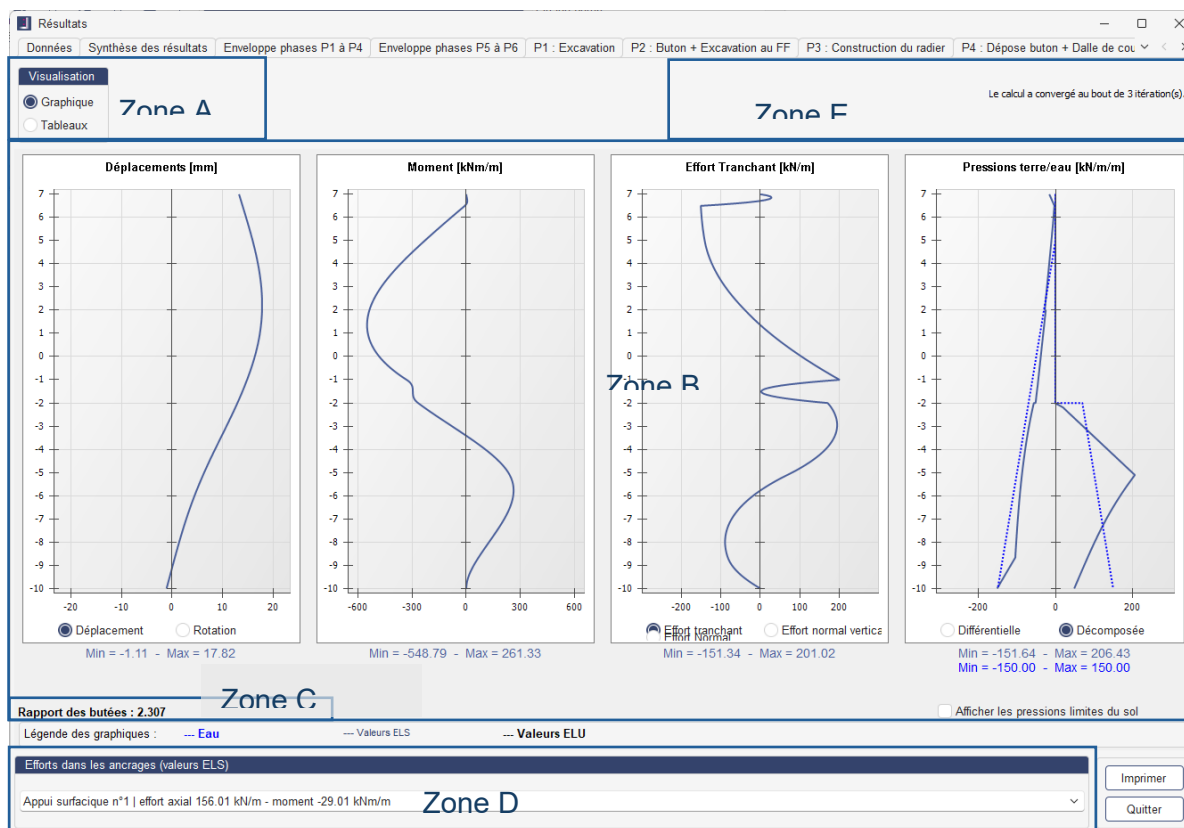


Figure B46 : Affichage des résultats d'une phase sous forme de graphiques (écran simple, sans vérifications ELU)

Chaque onglet « phase » comprend **cinq zones** :

- **Zone A** : choix du type de visualisation (graphiques ou tableaux)
- **Zone B** : consacrée à l'affichage des résultats proprement dits
- **Zone C** : réservée à l'affichage du rapport (butée mobilisable / butée mobilisée)
- **Zone D** : contient une liste déroulante, qui donne les efforts dans les ancrages actifs dans la phase considérée
- **Zone E** : consacrée aux messages d'information ou d'avertissement, comme celui sur la convergence du calcul. Si celle-ci n'a pas été atteinte après le nombre d'itérations maximal fixé dans les données (cf. chapitre B.3.1), le calcul s'arrête malgré tout (pour ne pas boucler indéfiniment) et un message est affiché pour alerter l'utilisateur.

Pour la zone B, les courbes affichées sont les suivantes :

- Courbe des déplacements / rotations de l'écran
- Courbe du moment fléchissant / effort de voûte de l'écran
- Courbe de l'effort tranchant / effort axial calculés de l'écran
- Courbe des **pressions des terres et pressions d'eau** : dans le cas d'un affichage « décomposé », les courbes violettes en trait plein correspondent aux pressions des terres et les courbes bleues en pointillés aux pressions d'eau. Les courbes correspondant aux valeurs négatives sont celles des pressions qui s'appliquent à gauche de l'écran. Et inversement, celles qui correspondent aux valeurs positives sont les valeurs des pressions qui s'appliquent sur le côté droit de l'écran. Il est également possible de demander l'affichage de la pression différentielle calculée par addition des pressions des terres de part et d'autre de l'écran et des pressions d'eau.

Les valeurs minimales et maximales de chacune des courbes s'affichent sous chacun des graphiques.



Sur tous les onglets de la fenêtre des résultats sont affichés deux boutons. Le bouton **Imprimer** permet d'ouvrir la boîte de dialogue des impressions et le bouton **Quitter** permet de fermer la fenêtre des résultats.

B.6.2.6. Résultats par phase : tableaux de valeurs

Il est possible de basculer vers un affichage sous forme de tableaux de résultats en sélectionnant l'option « Tableaux ».

Chaque colonne rappelle la grandeur dans l'intitulé, le côté d'application (gauche ou droit) et les unités usuelles définies pour le projet.

Le descriptif des colonnes est donné ci-après :

- **Profondeur ou niveau** (m, ft) : cote/profondeur des points de calcul des éléments de l'écran. Le pas de calcul renseigné dans la fenêtre « Titre et options » est une valeur maximale d'espacement entre deux points successifs. K-Réa ajuste cet espacement lorsque c'est nécessaire en fonction des interfaces de sol et des éléments d'ancrage (1 point pour les éléments d'ancrage et 2 points pour les interfaces des couches de sol).
- **Rotation** (rad) : rotation (ou distorsion) de l'écran au point de calcul
- **Déplacement** (mm, in) : déplacement latéral de l'écran au point de calcul
- **M_k** (kNm/m, kip.ft/ft) : valeur caractéristique du moment fléchissant dans l'écran
- **V_k** (kN/m, kip/ft) : valeur caractéristique de l'effort tranchant dans l'écran
- **Etat** : indique l'état du sol au niveau des nœuds selon la notation suivante :
 - Excavation : le sol est excavé devant le côté gauche ou droit de l'écran,
 - Décollement : le sol et l'écran ne sont plus en contact (pression négative remplacée par une pression minimale, plus de détail en partie C du manuel),
 - Poussée : le sol en contact avec l'écran est en état de poussée active,
 - Elastique : le sol en contact avec l'écran est en phase élastique,
 - Butée : le sol en contact avec l'écran est en état de butée.
- **p_{h,k}** (kN/m/m, kip/ft) : valeur caractéristique de la pression horizontale effective mobilisée
- **u_k** (kN/m/m, kip/ft) : valeur caractéristique de la pression d'eau calculée en fonction du poids volumique de l'eau au nœud considéré

- $\sigma'_{v,k}$ (kN/m/m, kip/ft) : valeur caractéristique de la contrainte verticale effective au point considéré
- $p_{a,k}$ (kN/m/m, kip/ft) : valeur caractéristique de la pression effective en poussée active (poussée mobilisable)
- $p_{b,k}$ (kN/m/m, kip/ft) : valeur caractéristique de la pression effective en butée (butée mobilisable)
- p_k (kN/m/m, kip/ft) : valeur caractéristique de la pression différentielle, calculée comme suit :

$$p_k = p_{h,k}^{\text{droite}} - p_{h,k}^{\text{gauche}} + u_{k}^{\text{droite}} - u_{k}^{\text{gauche}}$$
- $F_{v,k}$ (kN/m, kip) : valeur caractéristique de la pression de voûte
- N_k (kN/m, kip/ft) : valeur caractéristique de l'effort normal
- $p_{0,k}$ (kN/m/m, kip/ft) : valeur de la pression initiale

B.6.3 Calcul avec vérifications ELU (résultats principaux)

Dans le cas des calculs d'écrans simples avec vérifications ELU, K-Réa permet de visualiser les résultats ELS d'une part et les résultats ELU de l'autre part.

Pour chaque résultat ELU, l'indice « k » indique qu'il s'agit d'une valeur caractéristique alors que l'indice « d » indique qu'il s'agit d'une valeur de calcul (« design » en anglais).

B.6.3.1. Fenêtre principale

Sur la fenêtre principale, les résultats du calcul à l'ELS et à l'ELU sont affichés. L'affichage des résultats diffère selon que l'écran soit ancré ou pas dans la phase considérée.

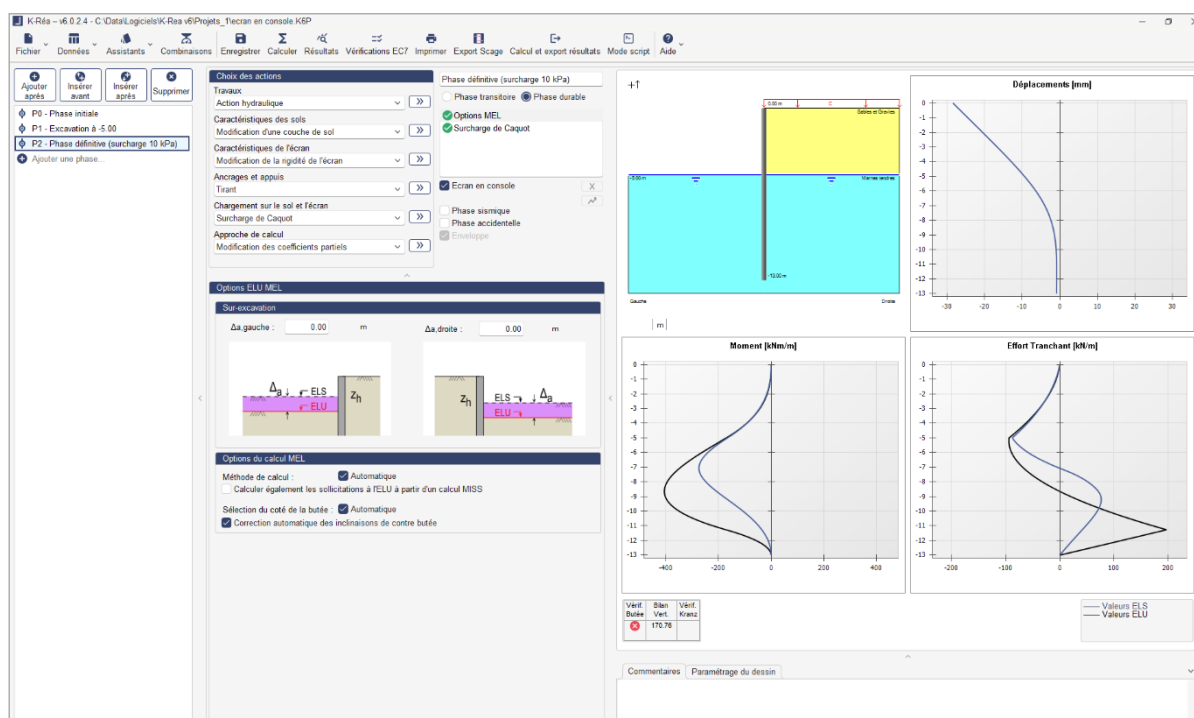


Figure B47 : Résultats ELU d'une phase où l'écran est autostable (calcul MEL) – Les déplacements ne sont pas affichés

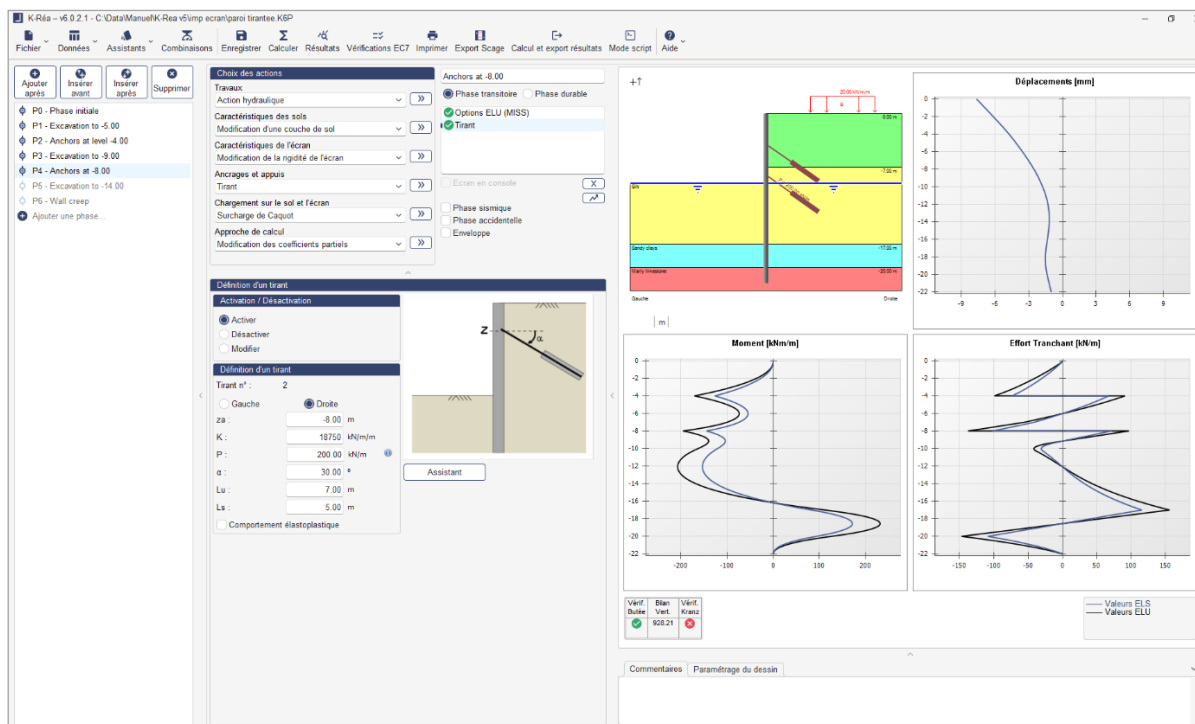


Figure B48 : Résultats ELU d'une phase où l'écran est ancré (calcul MISS)

Dans la partie haute de la fenêtre, K-Réa permet à l'utilisateur de basculer à tout moment entre les résultats à l'ELS et les résultats à l'ELU (que ce soit pour les onglets « phases », la « synthèse des résultats » ou les « enveloppes »).

D'autre part, lorsque l'affichage demandé est celui des résultats à l'ELU, 3 boutons supplémentaires sont disponibles et permettent d'accéder aux résultats des vérifications à l'ELU (cf. Partie C du manuel).

B.6.3.2. Résultats ELS par phase

Les résultats d'un calcul à l'ELS sont les mêmes que ceux d'un calcul MISS de base. Les indications des chapitres B.6.2.2 à B.6.2.5 restent donc valables.

B.6.3.3. Résultats ELU par phase : calcul MEL (écran autostable)

Dans ce cas, le calcul MEL effectué fournit les résultats suivants sur les graphiques et dans les tableaux :

- Seules les valeurs de calcul (indice d) des moments fléchissant et efforts tranchants sont disponibles,
- Les résultats en termes de déplacements ne sont pas affichés (ni sur les graphiques ni dans les tableaux) puisqu'il s'agit d'un calcul à l'équilibre limite.

D'autre part, des colonnes supplémentaires apparaissent dans l'onglet **Synthèse des résultats** (cf. Figure B49) :

- **Type** : indique le type de calcul effectué (MEL ou MISS)
- **Déf. Butée** : indique les résultats de la vérification du défaut de butée
- **Vérif. Vert** : indique la résultante verticale calculée lors de la vérification de l'équilibre vertical (valeur positive si la résultante des efforts verticaux est orientée vers le bas)

Pour le reste, les indications des chapitres B.6.2.2 à B.6.2.5 restent valables.

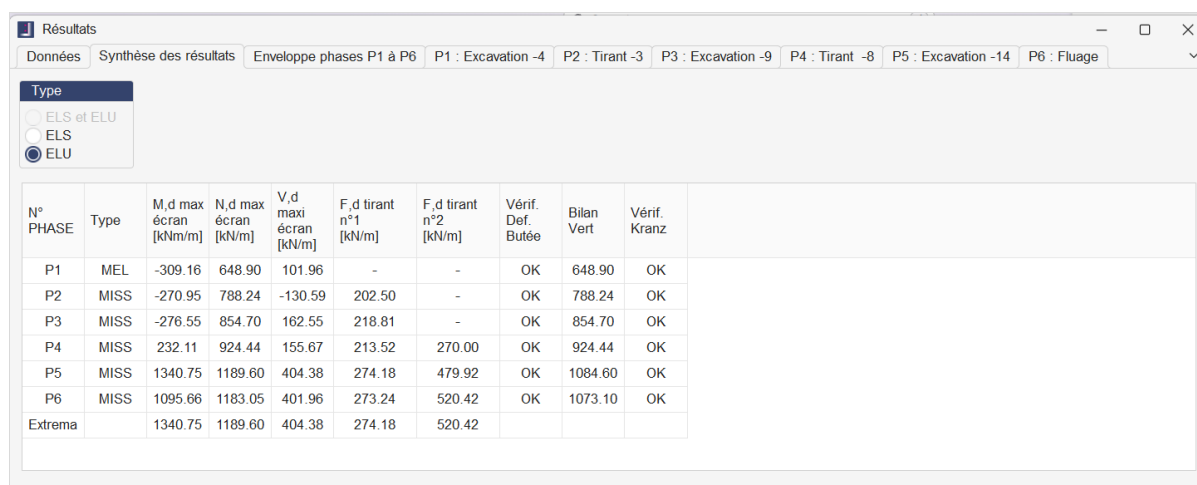
B.6.3.4. Résultats ELU par phase : calcul MISS (écran ancré)

Dans ce cas, le calcul MISS fourni les résultats suivants :

- Les graphiques et les tableaux présentent les résultats à la fois en valeurs caractéristiques (indice k) et en valeurs de calcul (indice d),
- Une légende est fournie sous les courbes pour distinguer les résultats en valeurs caractéristiques (courbes bleues) des résultats en valeurs de calcul (courbes noires).

D'autre part, des colonnes supplémentaires apparaissent dans l'onglet **Synthèse des résultats** (cf. B.6.2.3) :

- **Type** : indique le type de calcul effectué (MEL ou MISS)
- **Déf. Butée** : indique le résultat de la vérification du défaut de butée
- **Vérif. Vert** : indique la résultante calculée lors de la vérification verticale (valeur positive si la résultante des efforts verticaux est orientée vers le bas)
- **Kranz** : indique le résultat de la vérification Kranz



N° PHASE	Type	M,d max écran [kNm/m]	N,d max écran [kN/m]	V,d max écran [kN/m]	F,d tirant n°1 [kN/m]	F,d tirant n°2 [kN/m]	Vérif. Def. Butée	Bilan Vert	Vérif. Kranz
P1	MEL	-309.16	648.90	101.96	-	-	OK	648.90	OK
P2	MISS	-270.95	788.24	-130.59	202.50	-	OK	788.24	OK
P3	MISS	-276.55	854.70	162.55	218.81	-	OK	854.70	OK
P4	MISS	232.11	924.44	155.67	213.52	270.00	OK	924.44	OK
P5	MISS	1340.75	1189.60	404.38	274.18	479.92	OK	1084.60	OK
P6	MISS	1095.66	1183.05	401.96	273.24	520.42	OK	1073.10	OK
Extrema		1340.75	1189.60	404.38	274.18	520.42			

Figure B49 : Fenêtre des résultats – Synthèse des résultats ELU pour un projet avec phases en console et phases ancrées

Pour le reste, les indications des chapitres B.6.2.2 à B.6.2.5 restent valables.

B.6.4 Vérifications ELU

Lorsque les vérifications ELU ont été activées pour un projet, K-Réa fournit les résultats de trois types de vérifications à l'ELU effectuées pour chaque phase définie dans le projet.

Ces résultats sont affichés dans une fenêtre spécifique, à laquelle on peut accéder de deux façons :

- En cliquant directement sur le bouton **Vérifications à l'EC7**
- En cliquant sur l'un des boutons **Def. Butée**, **Vérif. Vert** et **Kranz** depuis la fenêtre de présentation des résultats détaillés (lorsque les résultats à l'ELU sont affichés).

La fenêtre spécifique des résultats des vérifications ELU (Figure B50) s'ouvre alors, et se place par défaut sur la phase courante.

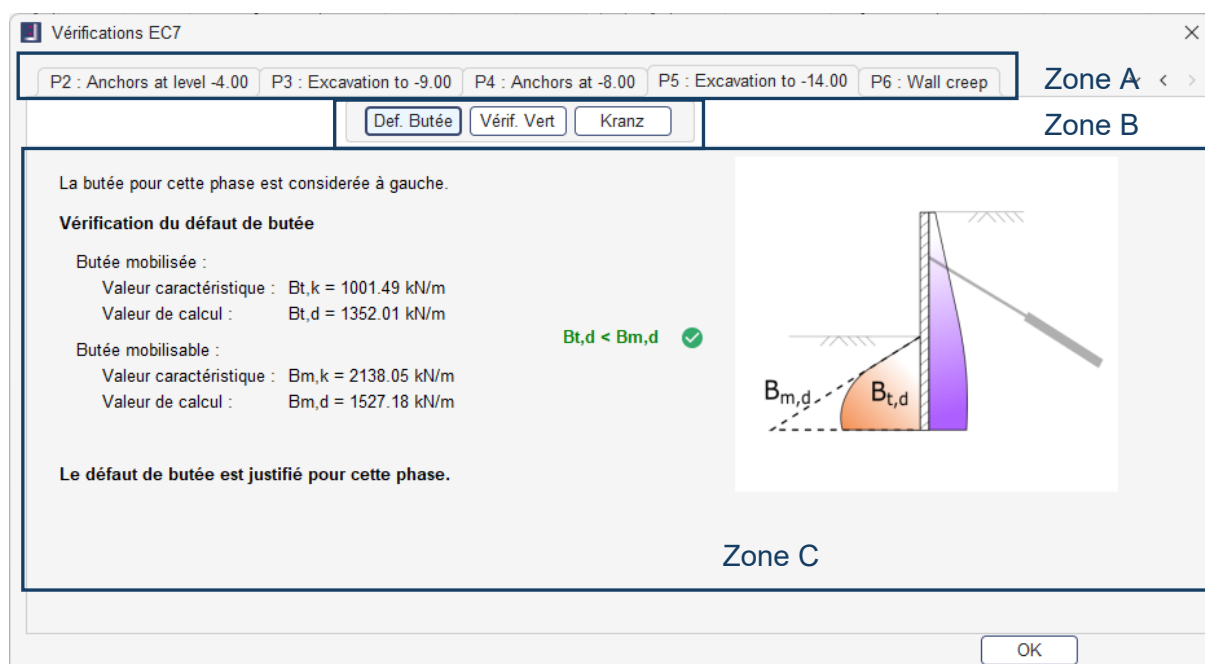


Figure B50 : Fenêtre d'affichage des résultats des vérifications ELU

La fenêtre d'affichage des résultats des vérifications contient 3 zones :

- **Zone A** : elle correspond aux onglets permettant de sélectionner la phase pour laquelle les vérifications sont affichées.
- **Zone B** : elle correspond aux onglets permettant de sélectionner la vérification à l'ELU dont on souhaite afficher les résultats :
 - La vérification du défaut de butée
 - La vérification de l'équilibre vertical
 - La vérification de la stabilité du massif d'ancrage via la méthode simplifiée de **Kranz** (disponible seulement si au moins un ancrage est actif dans la phase sélectionnée)
- **Zone C** : zone d'affichage des résultats demandés

Les sous-chapitres suivants précisent les différents résultats affichés pour chaque type de vérification. Ces résultats et leurs notations renvoient à la partie C du manuel pour le détail des méthodes de calcul appliquées (conformément à la norme française NF P94-282).

B.6.4.1. Vérification du défaut de butée

B.6.4.1.1. Cas d'un écran ancré (calcul MISS)

Dans le cas d'un écran ancré, la vérification du défaut de butée est basée sur l'évaluation des grandeurs suivantes :

- $B_{t,k}$: valeur caractéristique de la résultante de la butée mobilisée (en kN/m ou kip/ft)
- $B_{t,d}$: valeur de calcul de la résultante de la butée mobilisée (en kN/m ou kip/ft)
- $B_{m,k}$: valeur caractéristique de la résultante de la butée mobilisable (en kN/m ou kip/ft)
- $B_{m,d}$: valeur de calcul de la résultante de la butée mobilisable (en kN/m ou kip/ft)

K-Réa compare la valeur de $B_{t,d}$ à celle de $B_{m,d}$ et un indicateur matérialise le résultat de la vérification pour la phase sélectionnée : rond vert si la butée mobilisée $B_{t,d}$ est inférieure à la butée mobilisable $B_{m,d}$, ou rouge si ce n'est pas le cas.

Pour plus de détails sur cette vérification, veuillez-vous reporter à la partie C du manuel.

B.6.4.1.2. Cas d'un écran autostable (calcul MEL)

Dans le cas d'un écran ancré, la vérification du défaut de butée est basée sur un calcul de type MEL (modèle à l'équilibre limite) qui fait intervenir les paramètres intermédiaires suivants :

- z_0 : cote/profondeur du point de pression différentielle nulle (en m ou ft)
- z_c : cote/profondeur du point de moment nul (en m ou ft)
- z_p : cote/profondeur du pied de l'écran (en m ou ft)
- f_0 : fiche de l'écran « disponible » sous z_0 (en m ou ft)
- f_b : fiche minimale, sous z_0 , nécessaire à l'obtention de l'équilibre des moments (en m ou ft)
- f_0/f_b : rapport des deux fiches précédemment calculées (sans unité)
- Indicateur de vérification de la hauteur de fiche : cet indicateur est vert si la vérification est positive (fiche disponible supérieure à la fiche minimale avec un coefficient de sécurité supérieur à 1,2) ; il est rouge dans le cas contraire.
- z_n (uniquement si la méthode D a été choisie ; dans le cas contraire, le point z_n est implicitement confondu avec le point z_c) : cote/profondeur du point de transition (en m ou ft)
- $C_{t,d}$: valeur de calcul de la résultante de la contre-butée nécessaire à l'équilibre des efforts horizontaux (en kN/m ou kip/ft)
- $C_{m,d}$: valeur de calcul de la résultante de la contre-butée mobilisable sous le point de transition (en kN/m ou kip/ft)
- α : facteur de mobilisation (fonction du rapport $C_{t,d} / C_{m,d}$, voir Partie C)
- **Indicateur de vérification de la contre-butée** : cet indicateur est vert si la vérification est positive (valeur de α inférieure ou égale à 1) ; il est rouge dans le cas contraire.

Pour plus de détails sur cette vérification, veuillez-vous reporter à la partie C du manuel.

B.6.4.2. Vérification de l'équilibre vertical de l'écran

B.6.4.2.1. Cas d'un écran ancré (calcul MISS)

Dans le cas d'un écran ancré, la vérification de l'équilibre vertical fait intervenir les grandeurs suivantes :

- $P_{v,d}$: valeur de calcul de la résultante verticale des pressions des terres sur la hauteur de l'écran (en kN/m ou kip/ft)

- $T_{v,d}$: valeur de calcul de la résultante verticale des efforts dus aux ancrages connectés à l'écran (en kN/m ou kip/ft)
- $F_{v,d}$: valeur de calcul de la résultante verticale aux surcharges linéiques appliquées sur la hauteur de l'écran (en kN/m ou kip/ft)
- P_d : valeur de calcul du poids propre de l'écran (en kN/m ou kip/ft)
- $R_{v,d}$: valeur de calcul de la résultante des efforts verticaux à l'ELU (en kN/ml ou kip/lft). Un symbole en bas de la fenêtre indique si cette résultante est orientée vers le haut ou vers le bas.

La vérification de l'équilibre vertical de l'écran est jugée satisfaisante lorsque la résultante des efforts verticaux est positive, elle est alors par convention dirigée « vers le bas ».

A gauche de la conclusion, une icône grise avec une flèche dirigée vers le bas indique à l'utilisateur que la résultante des efforts verticaux est positive et dirigée « vers le bas ».

Dans le cas contraire, c'est une icône rouge avec une flèche dirigée vers le haut qui indique à l'utilisateur que la résultante des efforts verticaux est négative et dirigée « vers le haut ». La phrase de conclusion dans ce cas sera également écrite en rouge.

L'utilisateur devra s'assurer que la portance en pointe d'écran est garantie compte-tenu de la valeur obtenue pour $R_{v,d}$.

Pour plus de détails sur cette vérification, veuillez-vous reporter à la partie C du manuel.

B.6.4.2.2. Cas d'un écran autostable (calcul MEL)

Pour les phases où l'écran est considéré comme autostable, la vérification de l'équilibre vertical fait intervenir les grandeurs suivantes :

- $P_{v,d}$: valeur de calcul de la résultante verticale des pressions des terres sur la hauteur de l'écran (en kN/m ou kip/ft)
- $T_{v,d}$: valeur de calcul de la résultante verticale des efforts dus aux ancrages connectés à l'écran (en kN/m ou kip/ft)
- $F_{v,d}$: valeur de calcul de la résultante verticale des surcharges linéiques appliquées sur la hauteur de l'écran (en kN/m ou kip/ft)
- P_d : valeur de calcul du poids propre de l'écran (en kN/m ou kip/ft)
- $R_{v,d}$: valeur de calcul de la résultante des efforts verticaux (en kN/ml ou kip/lft). Un symbole en bas de la fenêtre indique si cette résultante est orientée vers le haut ou vers le bas
- X_{cb} : facteur correcteur de l'inclinaison des pressions de contre-butée. Ce facteur, déterminé automatiquement par K-Réa, agit sur l'inclinaison de la butée définie initialement pour corriger l'inclinaison de la contre-butée de manière à obtenir une résultante verticale ($R_{v,d}$) vers le bas :

$$(\delta/\varphi)_{\text{contre-butée}} = X_{cb} \times (\delta/\varphi)_{\text{butée}}$$

La vérification de l'équilibre vertical est jugée satisfaisante lorsque la résultante des efforts verticaux est positive, elle est alors par convention dirigée « vers le bas ». A gauche de la conclusion, une icône grise avec une flèche dirigée vers le bas indique à l'utilisateur que la résultante des efforts verticaux est positive et dirigée « vers le bas ». Dans le cas contraire, c'est une icône rouge avec une flèche dirigée vers le haut qui indique à l'utilisateur que la résultante des efforts verticaux est négative et dirigée « vers le haut ». La phrase de conclusion dans ce cas sera également écrite en rouge.

L'utilisateur devra s'assurer que la portance en pointe d'écran est garantie compte-tenu de la valeur obtenue pour $R_{v,d}$. Pour plus de détails sur cette vérification, veuillez-vous reporter à la partie C du manuel.

B.6.4.3. Vérification de la stabilité du massif d'ancrage (Kranz)

La vérification de la stabilité du massif d'ancrage (Kranz) est disponible uniquement pour les phases où au moins un tirant a été défini.

Le premier tableau fournit des résultats intermédiaires du calcul :

- **Situation** : numéro de situation (le nombre de situations correspond au nombre d'ancrages actifs dans la phase considérée)
- **Angle de la spirale** : angle au pôle de la spirale (°)
- **Nb de tirants** : nombre de tirants pris en compte dans chaque situation
- **Nb blocs** : nombre de blocs définis lors de la discrétisation du massif d'ancrage (en fonction du nombre de couches intersectées tout au long de la base du massif d'ancrage)
- **z(D)** : cote/profondeur du point d'effort tranchant nul (en m ou ft)
- **x(B)** : distance entre la projection verticale du point C et la tête de l'écran (en m ou ft)
- **z(B)** : cote/profondeur du sol (en m ou ft)
- **z(C)** : cote/profondeur du point effectif d'ancrage du tirant (en m ou ft), correspondant à la longueur utile L_u définie pour l'ancrage
- **A_{ref}** : inclinaison de l'ancrage par rapport à l'horizontale (en °)
- **W_{tot}** : poids total du massif pour la situation considérée (en kN/m ou kip/ft)
- **P_{1H}** : composante horizontale de la réaction de l'écran sur le massif d'ancrage (en kN/m ou kip/ft)
- **P_{1V}** : composante verticale de la réaction de l'écran sur le massif d'ancrage (en kN/m ou kip/ft)
- **P_{2H}** : composante horizontale de l'effort de poussée exercé à l'amont du massif (en kN/m ou kip/ft)
- **P_{2V}** : composante verticale de l'effort de poussée exercé à l'amont du massif (en kN/m ou kip/ft)
- **R_H** : composante horizontale de la réaction du sol sous le massif (en kN/m ou kip/ft)
- **R_V** : composante verticale de la réaction du sol sous le massif (en kN/m ou kip/ft)
- **T_{dsb,k}** : valeur caractéristique de l'effort d'ancrage déstabilisant (en kN/m ou kip/ft)

Le second tableau fournit les résultats de la vérification :

- **T_{dsb,k}** : valeur caractéristique de l'effort d'ancrage déstabilisant (en kN/m ou kip/ft), cette valeur est identique à celle de la dernière colonne du tableau précédent
- **T_{ref,k}** : valeur caractéristique de l'effort d'ancrage de référence résultant du calcul MISS ELU (en kN/m ou kip/ft)
- **T_{dsb,d}** : valeur de calcul de l'effort d'ancrage déstabilisant (en kN/m ou kip/ft)
- **T_{ref,d}** : valeur de calcul de l'effort d'ancrage de référence (en kN/ml ou kip/lft).
- **Résultat OK (ou non OK)** : la dernière colonne indique pour chaque situation si la vérification est satisfaisante, à savoir si $T_{ref,d}$ est inférieure à $T_{dsb,d}$.

Dans la partie basse de la fenêtre, un indicateur précise si la vérification Kranz est satisfaisante pour toutes les situations étudiées (la vérification n'est globalement satisfaisante que si elle est satisfaisante pour chacune des situations de calcul) : si c'est le cas, l'indicateur est un rond vert.

Pour plus de détails sur cette vérification, veuillez-vous reporter à la partie C du manuel.

B.6.5 Projets double-écran

B.6.5.1. Résultats principaux

Pour chacun des écrans, les résultats présentés sont les mêmes que dans le cadre d'un projet écran simple sans vérifications à l'ELU.

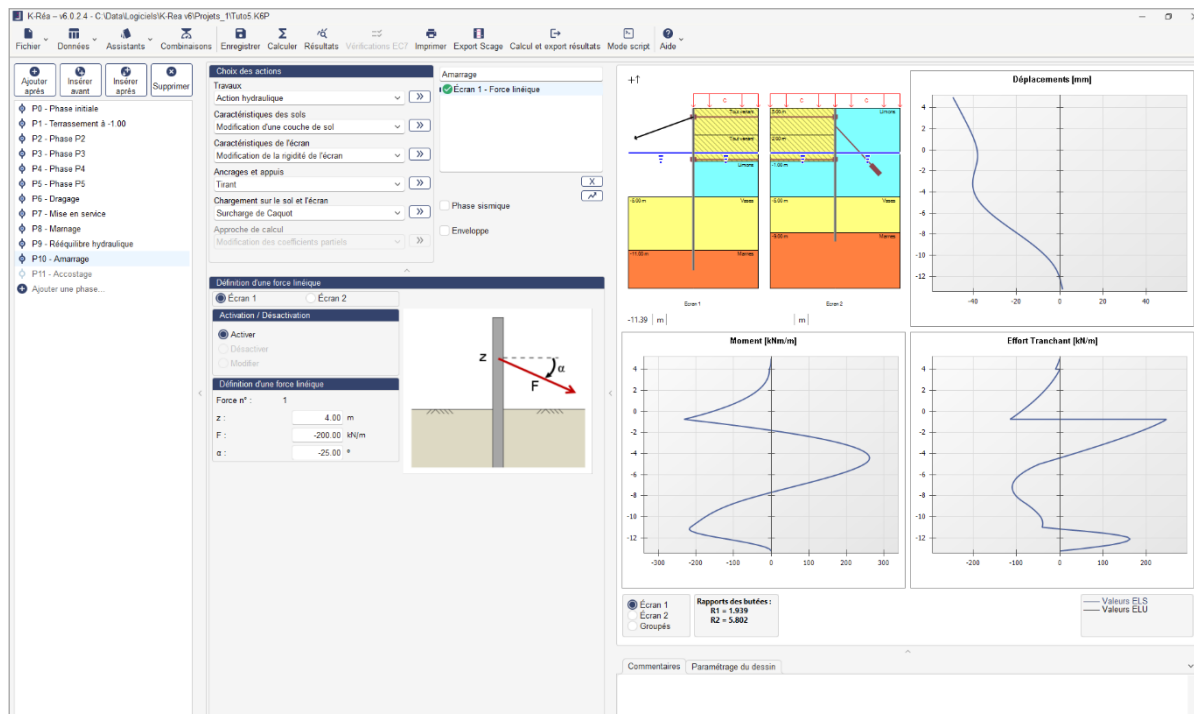


Figure B51 : Fenêtre principale – Résultats d'un projet double-écran

Il est également possible de choisir l'affichage simultané (superposé) des graphiques de résultats des deux écrans, en cliquant sur le radio bouton **Groupés** (sous le graphique des moments). Dans ce cas, les courbes de l'écran actif apparaissent en violet épais, et celles de l'autre écran en violet fin. Le rapport de butées obtenu est également affiché pour chaque écran.

Comme pour les projets écrans simples, les résultats détaillés sont accessibles via le bouton **Résultats**.

Les résultats fournis pour chaque écran sont conformes aux indications du chapitre B.6.2 (résultats d'un calcul écran simple sans vérifications à l'ELU).

Il est possible à tout moment de passer des résultats d'un écran à ceux de l'autre via les radio-boutons prévus dans la fenêtre de résultats. Cette remarque est valable pour tous les onglets de la fenêtre des résultats (Données, Phases, Synthèse des résultats et Enveloppes).

B.6.5.2. Vérifications ELU

K-Réa permet d'effectuer les vérifications à l'ELU pour les projets de type double-écran si la case « Vérifications à l'ELU » a été activée dans la fenêtre « Titre et Options ».

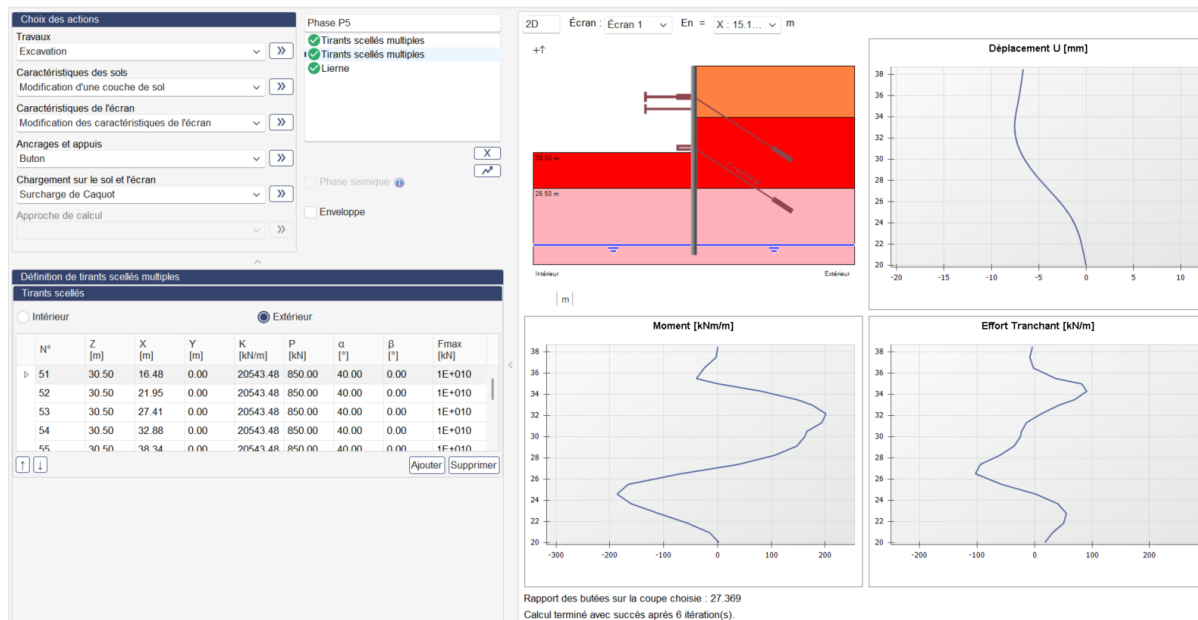
Les vérifications du défaut de butée et de l'équilibre vertical de chaque écran s'effectuent et se présentent de manière analogue à celle d'un écran simple.

La vérification de Kranz élargie son usage en permettant valider la distance entre les écrans tout en vérifiant la stabilité de tout ce qu'il se trouve entre les deux écrans à partir des efforts à l'arrière de chaque écran. Pour plus de détails, veuillez-vous rapporter à la partie C du manuel.

B.6.6 Projet 3D

B.6.6.1. Résultats principaux

Pour chacun des écrans, les résultats présentés sont les mêmes que dans le cadre d'un projet écran simple sans vérifications à l'ELU.



Il est possible de choisir pour quel écran et à quelle coordonnée on souhaite visualiser ces résultats.

B.6.6.2. Ecran des résultats

Lorsque la fenêtre de résultats s'affiche, elle s'ouvre par défaut sur le premier onglet qui, pour un projet 3D, est celui de la synthèse des résultats.

Les autres onglets sont les suivants :

- **Déformée** : permet de visualiser la déformée des écrans, dalles et radiers sous la forme d'un graphique 3D ;
- **Résultats vue en plan** : permet de visualiser les résultats d'effort dans les liernes ainsi que les déplacements de l'écran pour une élévation choisie ;
- **Coupes de résultats** : permet de visualiser l'équivalent des résultats d'un projet 2D pour un écran donné à une coupe verticale donnée ;
- **Résultats d'ancrages** : permet de visualiser les résultats dans les ancrages sous forme de tableaux classé par catégorie d'ancrage. Une vue 3D interactive colore les ancrages sélectionnés pour faciliter leur identification ;
- **Enveloppes** : visualisation des résultats des enveloppes définies par l'utilisateur ;
- **Iso-valeurs** : permet de visualiser la répartition des résultats à la surface d'un écran, d'une dalle ou d'un radier.

B.6.7 Export des résultats sous format de fichiers texte (2D uniquement)

K-Réa permet d'exporter les résultats présentés dans les tableaux et dans les graphiques sous format de fichier texte (.txt). Cette fonctionnalité permet le couplage de K-Réa avec d'autres outils de post-calcul. Les fichiers générés sont exportés dans le répertoire sélectionné par l'utilisateur.

L'ensemble de fichiers texte générés sont récapitulés dans le tableau suivant :

Fichier	Description
01-KR_ELS_Wall	Résultats ELS
02-KR_ELS_Reactions	Résultats ELS : efforts dans les ancrages
03-KR_ELU_MISS_Wall	Résultats ELU – MISS
04-KR_ELU_Reactions	Résultats ELU : efforts dans les ancrages
05-KR_ELU_MEL_F_Wall	Résultats ELU – MEL F
06-KR_ELU_MEL_D_Wall	Résultats ELU – MEL D
07-KR_ELU_MISS_Synthesis.txt	Résultats principaux des vérifications de défaut de butée et de l'équilibre vertical à l'ELU
08-KR-KRANZ-Results.txt	Résultats des vérifications Kranz pour les <u>surfaces planes</u>
09-KR-Phase_And_Combinations.txt	Relation entre les phases de calcul successives calculées par le moteur de calcul, la combinaison à laquelle appartient et l'indice de la phase de calcul sur l'interface

Tableau B5 : Fichiers texte générés lors de l'Export des résultats

B.6.7.1. Lecture du fichier 01-KR_ELS_Wall

Ce fichier contient les valeurs des déplacements, des efforts et de pressions diverses du sol à tout niveau de l'écran (2 valeurs par élément) issus d'un calcul à l'ELS.

Entête du fichier (1 seule fois au début du fichier) :

Pour k=1, nEcr : parcourt les écrans

- **nLignes(k) :** nombre de lignes du bloc de résultats de chaque écran

Suite du fichier :

Pour k=1, nEcr : parcourt les écrans

Pour i=1, nEl(k) : balaye les éléments de chaque écran

Pour j=1,2 : deux nœuds de chaque élément (supérieur et inférieur)

- 1) iPhase: indice de la phase
- 2) k : indice de l'écran
- 3) i : numéro de l'élément
- 4) j : =1 nœud supérieur / =2 nœud inférieur
- 5) Z : niveau du nœud (cote)
- 6) ry : rotation
- 7) wx : déplacement
- 8) M : moment fléchissant
- 9) V : effort tranchant
- 10) EtatG : état à gauche (-2=excav / -1=décoll. / 0=poussée / 1=élast. / 2=butée)
- 11) EtatD : état à droite (-2=excav / -1=décoll. / 0=poussée / 1=élast. / 2=butée)
- 12) phG : pression horizontale mobilisée à gauche
- 13) phD : pression horizontale mobilisée à droite
- 14) pwG : pression d'eau hydrostatique à gauche
- 15) pwD : pression d'eau hydrostatique à droite
- 16) sigG : contrainte verticale effective à gauche
- 17) sigD : contrainte verticale effective à droite
- 18) paG : pression de poussée à gauche
- 19) paD : pression de poussée à droite
- 20) pbG : pression de butée à gauche
- 21) pbD : pression de butée à droite
- 22) Nvte : effort de voûte
- 23) poG : pression initiale à gauche
- 24) poD : pression initiale à droite
- 25) pvG : composante verticale de la réaction du sol à gauche
- 26) pvD : composante verticale de la réaction du sol à droite
- 27) N : effort axial
- 28) fiG : angle de frottement à gauche
- 29) fiD : angle de frottement à droite
- 30) coG : cohésion à gauche
- 31) coD : cohésion à droite
- 32) dcG : incrément de cohésion à gauche

- 33) dcD : incrément de cohésion à droite
- 34) kaG : coefficient de poussée horizontal à gauche
- 35) kaD : coefficient de poussée horizontal à droite
- 36) kpG : coefficient de butée horizontal à gauche
- 37) kpD : coefficient de butée horizontal à droite
- 38) kacG : coefficient de poussée sur la cohésion à gauche
- 39) kacD : coefficient de poussée sur la cohésion à droite
- 40) kpcG : coefficient de butée sur la cohésion à gauche
- 41) kpcD : coefficient de butée sur la cohésion à droite
- 42) daG : obliquité de contrainte de poussée à gauche
- 43) daD : obliquité de contrainte de poussée à droite
- 44) dpG : obliquité de contrainte de butée à gauche
- 45) dpD : obliquité de contrainte de butée à droite

B.6.7.2. Lecture du fichier 02-KR_ELS_Reactions

Ce fichier contient les réactions dans les ancrages issus d'un calcul à l'ELS.

Pour k=1, 7 : parcourt les types d'appuis ou ancrages
Pour i=1, nAnc balaye le nombre d'ancrages par type
 iPhase k i Fanc

- 1) iPhase : indice de la phase
- 2) k : indice du type d'ancrage
 - 1 : tirant
 - 2 : bouton
 - 3 : lierne
 - 4 : liaison
 - 5 : raideur en rotation
 - 6 : appui surfacique
 - 7 : dalle
- 3) i : numéro de l'ancrage (s'initialise pour chaque type)
- 4) Fanc : effort axial
- 5) Manc : moment d'encastrement

B.6.7.3. Lecture du fichier 03-KR_ELU_MISS_Wall

Ce fichier contient les valeurs des déplacements, des efforts et de pressions diverses du sol à tout niveau de l'écran (2 valeurs par élément) issus d'un calcul à l'ELU.

Entête du fichier (1 seule fois au début du fichier) :

Pour k=1, nEcr : parcourt les écrans
 • **nLignes(k) :** nombre de lignes du bloc de résultats de chaque écran

Suite du fichier :

Pour k=1, nEcr : parcourt les écrans
Pour i=1, nEl(k) : balaye les éléments de chaque écran
Pour j=1,2 : deux nœuds de chaque élément (sup et inf)

- 1) iPhase : indice de la phase
- 2) k : indice de l'écran
- 3) i : numéro de l'élément
- 4) j : =1 nœud supérieur / =2 nœud inférieur
- 5) Z : niveau du nœud (cote)
- 6) Md : valeur de calc. du moment fléchissant
- 7) Vd : valeur de calc. de l'effort tranchant
- 8) ph,k(G/D) : valeur carac. de la pression horizontale mobilisée (2 colonnes)
- 9) u,k(G/D) : valeur carac. de la pression d'eau (2 colonnes)
- 10) pa,k(G/D) : valeur carac. de la pression effective en poussée (2 colonnes)
- 11) pb,k(G/D) : valeur carac. de la pression effective en butée (2 colonnes)
- 12) pd_eff : valeur de calc. de la pression différentielle effective
- 13) σ'_v (G/D) : valeur carac. de la contrainte verticale effective (2 colonnes)
- 14) Nvte : valeur de calc. de l'effort de voûte
- 15) pvG : pression verticale côté gauche
- 16) pvD : pression verticale côté droit
- 17) Nd : valeur de calc. de l'effort axial
- 18) fiG : angle de frottement à gauche
- 19) fiD : angle de frottement à droite
- 20) coG : cohésion à gauche
- 21) coD : cohésion à droite
- 22) dcG : incrément de cohésion à gauche
- 23) dcD : incrément de cohésion à droite
- 24) kaG : coefficient de poussée horizontal à gauche
- 25) kaD : coefficient de poussée horizontal à droite
- 26) kpG : coefficient de butée horizontal à gauche
- 27) kpD : coefficient de butée horizontal à droite
- 28) kacG : coefficient de poussée sur la cohésion à gauche
- 29) kacD : coefficient de poussée sur la cohésion à droite
- 30) kpcG : coefficient de butée sur la cohésion à gauche
- 31) kpcD : coefficient de butée sur la cohésion à droite
- 32) daG : obliquité de contrainte de poussée à gauche
- 33) daD : obliquité de contrainte de poussée à droite
- 34) dpG : obliquité de contrainte de butée à gauche
- 35) dpD : obliquité de contrainte de butée à droite

Attention : pvG et pvD sont des valeurs caractéristiques (si approche 2)

B.6.7.4. Lecture du fichier 04-KR_ELU_Reactions

Ce fichier contient les réactions des appuis linéiques (tirants / boutons / liernes / liaison / raideur en rotation) issus d'un calcul à l'ELU.

Pour k=1, 7 : parcourt les types d'appuis ou ancrages

Pour i=1, nAnc : balaye le nombre d'ancrages par type

iPhasek i Fanc,d

- 1) iPhase : indice de la phase
- 2) k : indice du type d'ancrage
 - 1 : tirant
 - 2 : bouton
 - 3 : lierne
 - 4 : liaison
 - 5 : raideur en rotation
 - 6 : appui surfacique
 - 7 : dalle
- 3) i : numéro de l'ancrage (s'initialise pour chaque type)
- 4) Fanc : effort axial (valeur de calcul)
- 5) Manc : moment d'encastrement (valeur de calcul)

B.6.7.5. Lecture du fichier 05-KR_ELU_MEL_F_Wall

Ce fichier contient les valeurs des efforts et de pressions verticales et horizontales du sol à tout niveau de l'écran (2 valeurs par élément) issus d'un calcul à l'ELU de type MEL F.

Entête du fichier (1 seule fois au début du fichier) :

Pour k=1, nEcr : parcourt les écrans

- **nLignes(k)** : nombre de lignes du bloc de résultats de chaque écran

Pour k=1, nEcr : parcourt les écrans

Pour i=1, nEl(k)+4 : balaye les éléments de chaque écran

Pour j=1,2 : deux nœuds de chaque élément (supérieur et inférieur)

```
iPhase k i j Z Md Vd ph,k(G/D) u,k(G/D) pa,k(G/D) pb,k(G/D) pd_eff
σ'v(G/D) Nvte pvG pvD Nd
fiG fiD coG coD dcG dcD kaG kaD kpG kpD
kacG kacD kpcG kpcD daG daD dpG dpD
```

Attention : pvG, pvD et Nd sont des valeurs de calcul

B.6.7.6. Lecture du fichier 06-KR_ELU_MEL_D_Wall

Ce fichier contient les valeurs des efforts et de pressions verticales et horizontales du sol à tout niveau de l'écran (2 valeurs par élément) issus d'un calcul à l'ELU de type MEL D.

Entête du fichier (1 seule fois au début du fichier) :

Pour k=1, nEcr : parcourt les écrans

- **nLignes(k)** : nombre de lignes du bloc de résultats de chaque écran

Pour k=1, nEcr : parcourt les écrans

Pour i=1, nEl(k)+4 : balaye les éléments de chaque écran

Pour j=1,2 : deux nœuds de chaque élément (supérieur et inférieur)

iPhase k i j Z Md Vd ph,k(G/D) u,k(G/D) pa,k(G/D) pb,k(G/D) pd_eff
 $\sigma'_v(G/D)$ Nvte pvG pvD Nd
 fiG fiD coG coD dcG dcD kaG kaD kpG kpD
 kacG kacD kpcG kpcD daG daD dpG dpD

Attention : pvG, pvD et Nd sont des valeurs de calcul

B.6.7.7. Lecture du fichier 07-KR_ELU_MISS_Synthesis.txt

Ce fichier contient les résultats principaux des vérifications de défaut de butée et de l'équilibre vertical à l'ELU.

Pour chaque phase, le bloc suivant se répète autant de fois que d'écrans :

iPhase iEcr BM_G,d BM_D,d BL_G,d BL_D,d Rapp_G
 Rapp_D
 iPhase iEcr Pvd Fvd_Anc Fvd_Ecr Fvd_pds Rvd

Désignation des paramètres :

- iPhase : indice de la phase
- iEcr : indice de l'écran
- BM_G : butée mobilisée à gauche
- BM_D : butée mobilisée à droite
- BL_G : butée limite à gauche
- BL_D : butée limite à droite
- Rapp_G : rapport de butée à gauche
- Rapp_D : rapport de butée à droite
- Pvd : résultante des composantes verticales des pressions de sol
- Fvd_Anc : résultante des composantes verticales des réactions d'ancrages
- Fvd_Ecr : résultante des composantes vert. des charges appliquées sur l'écran
- Fvd_pds : poids de l'écran
- Rvd : bilan vertical

B.6.7.8. Lecture du fichier 08-KR-KRANZ-Results.txt (okz01)

Ce fichier contient les résultats des vérifications Kranz pour les surfaces planes.

Pour k = 1, nEcr (*parcours les écrans*)

iPhase k iCote nSit

Pour i = 1, nSit(k) → *nombre de situations du côté retenu*

iPhase k iCote i Nta Nb teta Zd Xb Zb
 Zc aref Wtot P1H P1V P2H P2V RH RV
 Tdsb,k Tref,k Tdsb,d Tref,d

- iPhase : indice de la phase
- k : indice de l'écran
- iCote : indice du côté retenu pour l'écran k (1 : côté gauche / 2 : côté droit)
- nSit : nombre de situations
- i : numéro de la situation

- Nta : nombre des tirants pris en compte
- Nb : nombre de subdivisions en sous blocs
- teta : angle de la spirale
- Zd : niveau du point d'effort tranchant nul
- Xb : abscisse du point « B »
- Zb : niveau du point « B »
- Zc : niveau du point d'ancrage « équivalent » pour le massif examiné
- α_{ref} : inclinaison de l'effort d'ancrage de référence
- Wtot : poids total du massif tenant compte des surcharges
- P1H : composante horizontale de la poussée aval
- P1V : composante verticale de la poussée aval
- P2H : composante horizontale de la poussée amont
- P2V : composante verticale de la poussée amont
- RH : composante horizontale de la réaction sous le massif
- RV : composante verticale de la réaction sous le massif
- Tdsb,k : effort d'ancrage déstabilisant (valeur caractéristique)
- Tref,k : effort d'ancrage de référence (valeur caractéristique)
- Tdsb,d : effort d'ancrage déstabilisant (valeur de calcul)
- Tref,d : effort d'ancrage de référence (valeur de calcul)

B.6.7.9. Lecture du fichier 09-KR-Phase_And_Combinations.txt

Ce fichier contient la relation entre les phases de calcul successives calculées par le moteur de calcul, la combinaison à laquelle appartient et l'indice de la phase de calcul sur l'interface.

Pour chaque phase calculée par le moteur, une ligne apparaît dans ce fichier :

iPhaseMoteur iCombinaison iPhaseUtilisateur

- iPhaseMoteur : indice de la phase de calcul généré par le moteur
- iCombinaison : indice de la combinaison de calcul à laquelle appartient la phase
- iPhaseUtilisateur : indice de la phase de calcul au sein du phasage de calcul défini par l'utilisateur sur l'interface

B.7. Impressions

L'assistant d'impressions est accessible par le bouton **Imprimer** présents sur les différentes fenêtres des résultats, par le menu depuis la fenêtre principale si le projet est calculé ou par le **Menu Fichier**.

B.7.1 Projets de type écran simple sans vérifications à l'ELU

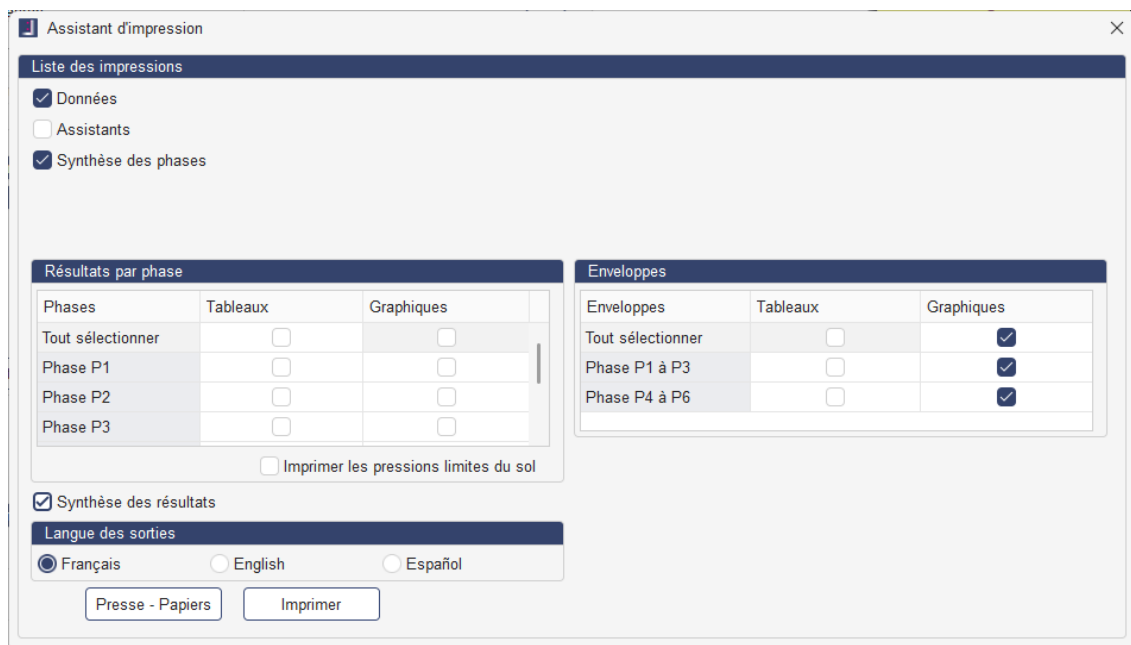


Figure B53 : Assistant d'impression pour un projet écran Simple sans vérifications ELU

La boîte de dialogue d'impression permet de sélectionner par simple clic les éléments à imprimer :

- **Données** : imprime le premier onglet de la fenêtre des résultats contenant le rappel des caractéristiques de sol, de l'écran et les options sélectionnées.
- **Assistants** : imprime les données d'entrée des assistants ainsi que les résultats obtenus.
- **Synthèse graphique** : imprime la synthèse du phasage du projet. Cette synthèse inclut la coupe du projet pour chaque phase ainsi que les paramètres des différentes actions définies.
- **Résultats par phase** : permet d'imprimer les résultats de toutes les phases du calcul (**Tout sélectionner**) ou seulement de celles sélectionnées. Il est possible d'imprimer les tableaux de résultats et/ou les graphiques.
- **Enveloppes** : imprime sous forme de tableaux et/ou de graphiques les enveloppes calculées.
- **Synthèse des résultats** : imprime le tableau de synthèse des résultats obtenus.

Ces « impressions » peuvent être :

- Soit copiées dans le presse-papiers afin de les insérer ensuite dans un autre document ;
- Soit envoyées vers une imprimante.

Le choix se fait en cliquant sur le bouton voulu en bas de la fenêtre de l'assistant d'impression, une fois que la sélection des éléments à imprimer est terminée.

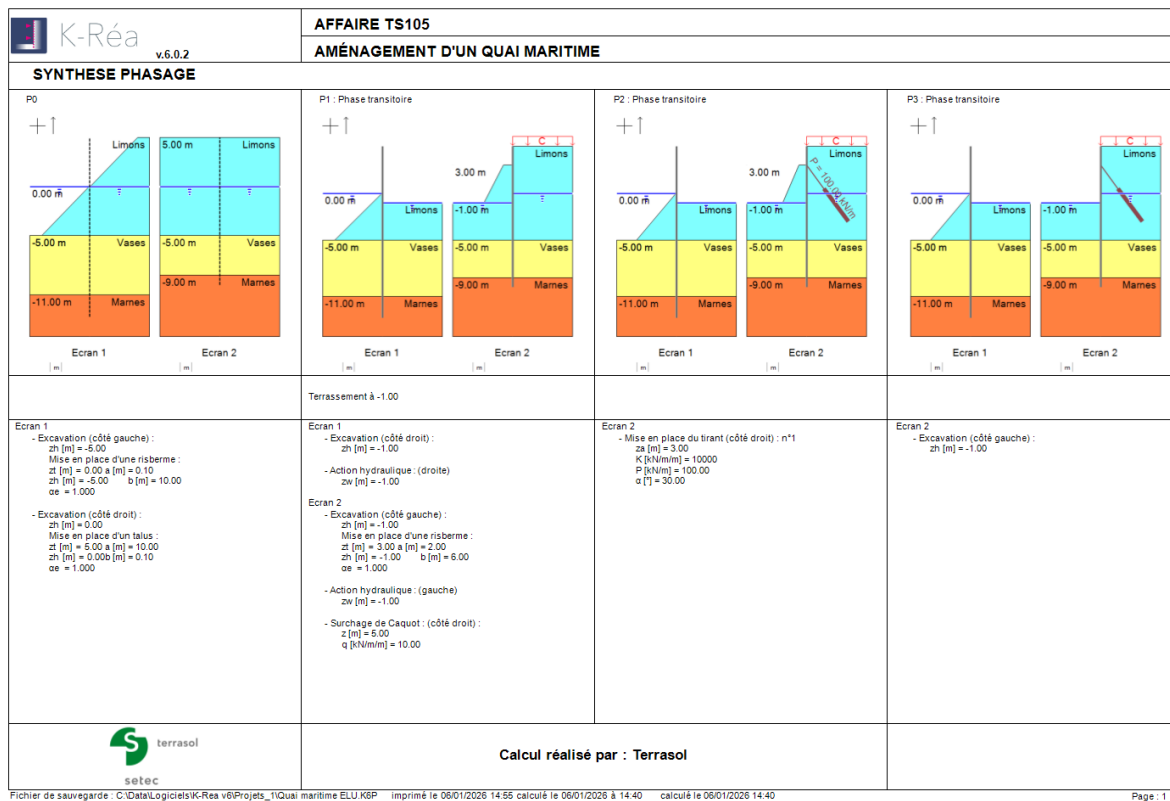


Figure B54 : Exemple d'impression de la synthèse graphique du phasage

B.7.2 Projets de type écran simple avec vérifications à l'ELU

Lors de l'impression des résultats du calcul d'un projet d'écran simple avec vérifications à l'ELU, il faut choisir le type de résultats à imprimer :

- **Les résultats à l'ELS** : il s'agit des résultats issus du calcul MISS « standard » effectué sans pondération.
- **Les résultats à l'ELU** : il s'agit des résultats issus du calcul avec pondérations (MEL ou MISS selon les phases) effectué dans le cadre des vérifications à l'ELU.

Depuis l'assistant d'impression, les radio-boutons **ELS** et **ELU** permettent de choisir entre ces deux types de résultats.

B.7.3 Résultats à l'ELS

Si l'option « ELS » est sélectionnée dans l'assistant d'impression (cf. figure suivante), les options d'impression disponibles sont les mêmes que pour un calcul écran simple sans vérifications à l'ELU (cf. chapitre B.7.1).

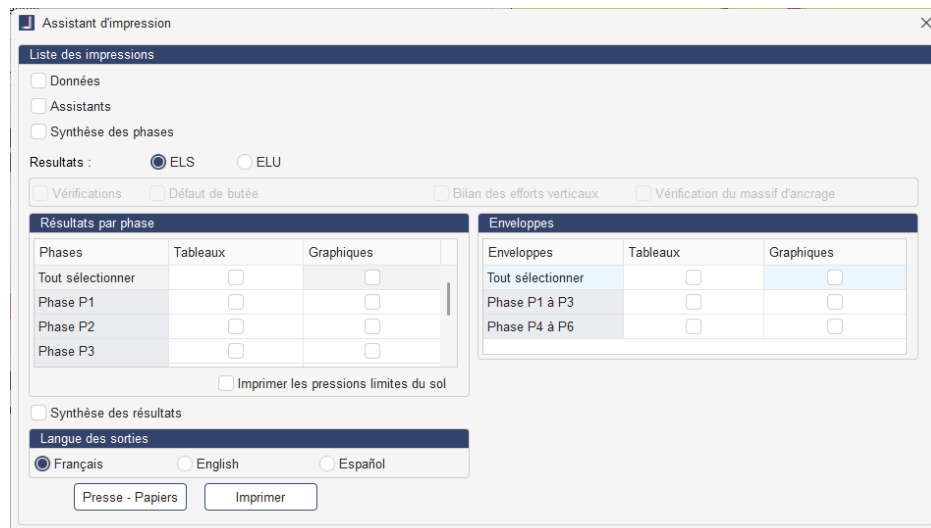


Figure B55 : Assistant d'impression pour un projet écran simple avec vérifications à l'ELU, avec sélection des résultats à l'ELS pour l'impression

Remarque : s'agissant des résultats ELS, seules les valeurs caractéristiques (indice k) des résultats du calcul non pondéré seront imprimées.

Résultats à l'ELU

Si l'option « ELU » est sélectionnée dans l'assistant d'impression, les options d'impression disponibles correspondent aux résultats disponibles pour un calcul avec vérifications à l'ELU.

Les options d'impression sont les suivantes :

- **Données** : imprime le premier onglet de la fenêtre des résultats contenant le rappel des caractéristiques de sol, de l'écran et les options sélectionnées (idem précédemment).
- **Assistants** : imprime les données d'entrée des assistants ainsi que les résultats obtenus.
- **Synthèse des phases** : imprime la synthèse des phases.
- **Résultats par phase** : permet d'imprimer les résultats de toutes les phases du calcul (**Tout sélectionner**) ou seulement de celles sélectionnées. Il est possible d'imprimer les tableaux de résultats et/ou les graphiques.
- **Vérifications** : imprime les résultats des vérifications à l'ELU effectuées pour chacune des phases (vérification du défaut de butée, vérification de l'équilibre vertical et vérification de la stabilité du massif d'ancrage dans le cas d'un projet incluant un ou plusieurs tirants).
- **Bilan des efforts verticaux** : imprime les résultats des vérifications de l'équilibre vertical pour chaque phase (notamment la résultante des pressions des terres, la résultante verticale des surcharges linéiques sur la hauteur de l'écran et la résultante ELU des efforts verticaux)
- **Vérification du massif de Kranz** : imprime le détail des calculs effectués dans le cadre de la vérification de Kranz (en complément des résultats synthétiques Kranz déjà imprimés si la case **Vérifications** ci-dessus est cochée).

- **Synthèse des résultats** : imprime la synthèse des résultats obtenus pour les déplacements, moments fléchissants, efforts tranchants et efforts dans les ancrages.

Remarque : s'agissant des résultats à l'ELU, les valeurs caractéristiques (indice k) et de calcul (indice d) des résultats seront imprimées pour les phases où l'écran est ancré (calcul MISS). Pour les phases où l'écran est supposé autostable (calcul MEL), seules les valeurs de calcul (indice d) des résultats seront imprimées (cf. Partie C du manuel).

B.7.4 Projets de type Double Écran

Les options d'impression disponibles pour les projets double-écran sont globalement les mêmes que pour les écrans simples sans vérifications à l'ELU, mais elles sont dédoublées pour permettre à l'utilisateur de choisir s'il souhaite imprimer les résultats pour l'écran 1 et/ou pour l'écran 2. Par défaut, l'assistant propose d'imprimer les résultats pour les 2 écrans.

D'autre part, pour les résultats par phases et les enveloppes sous forme graphique, il est possible de superposer les résultats des 2 écrans sur les mêmes graphiques, en cochant la case « **Grouper les graphiques** ».

B.7.5 Projets de type Écran 3D

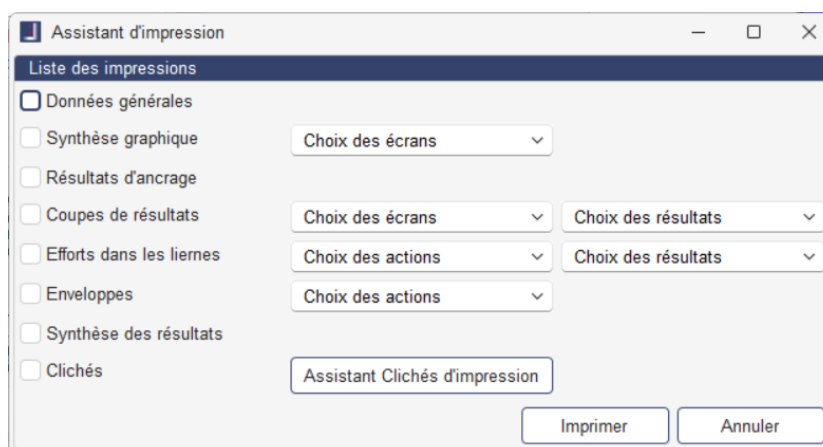


Figure B56 : Assistant d'impression projet 3D

La boîte de dialogue d'impression permet de sélectionner par simple clic les éléments à imprimer :

- **Données générales** : imprime les caractéristiques de sol, de la structure, les tableaux des paramètres des ancrages, les options sélectionnées et les données des assistants utilisées.
- **Synthèse graphique** : imprime la synthèse du phasage du projet. Cette synthèse inclut la coupe du projet pour chaque phase ainsi que les paramètres des différentes actions définies.
- **Résultats d'ancrages** : imprime l'ensemble des tableaux présent dans l'onglet du même nom dans la fenêtre des résultats.
- **Coupes de résultats** : imprime les graphiques des coupes de résultats sélectionnées pour les écrans sélectionnés.
- **Effort dans les liernes** : imprime les graphiques de l'écran « Vue en plan » pour les lierne et les données sélectionnées.
- **Enveloppes** : imprime sous forme de tableaux et/ou de graphiques les enveloppes sélectionnées.
- **Synthèse des résultats** : imprime le tableau de synthèse des résultats.
- **Clichés** : imprime les clichés d'impression sélectionnés.