



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'environnement, des transports, de
l'énergie et de la communication DETEC

Office fédéral des transports OFT
Division Infrastructure

Mars 2024

Coûts de l'infrastructure ferroviaire

Guide de calcul des coûts des projets d'aménagement

Référence du dossier : OFT/BAV-214-00002/00004/00003/00004

Impressum

Editeur

Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des transports (OFT)

Traduction

Services linguistiques de l'OFT

Source pour la consultation

Internet :

www.bav.admin.ch/bav/fr/home/themes-generaux/themes-specialises/auxiliaires-d-execution/guide/leitfaden-kostenmethodik-bahninfrastruktur.html

Suivi des modifications

Version	Date	Remarque
1.0	06.05.2015	Première édition
1.1	29.01.2016	
2.0	31.03.2024	Adaptation du montant des suppléments, mise à jour linguistique et du contenu

Table des matières

1	Introduction.....	1
1.1	Point de la situation	1
1.2	But et position du guide	1
1.3	Problèmes de l'évaluation des coûts.....	2
1.4	Conditions requises de la méthodologie de calcul des coûts	3
1.5	Plan et structure du guide.....	3
2	Délimitation du système.....	4
2.1	Rapport aux normes en vigueur.....	4
2.2	Délimitation du projet dans le cadre de PRODES	4
2.3	Prise en compte des mesures subordonnées de maintien de la qualité de l'infrastructure.....	5
2.4	Renchérissement et modifications de lois.....	6
3	Vue d'ensemble de la méthodologie de calcul des coûts	7
3.1	Définition des paramètres de coûts	7
3.2	Algorithme d'évaluation du total des coûts.....	8
3.3	Approche méthodologique.....	9
4	Étapes de la procédure.....	14
4.1	Détermination des coûts bruts	14
4.2	Application de la méthodologie de calcul des coûts	18
5	Agrégation des coûts de différentes mesures infrastructurelles en coûts par module et coûts d'une étape d'aménagement.....	23
5.1	Mesures infrastructurelles.....	23
5.2	Constitution des coûts des modules et de l'étape d'aménagement.....	23
6	Utilisation et communication des résultats	25
6.1	Déclarations sur les indices de coûts E, U, O	25
6.2	Evaluation des mesures infrastructurelles et des étapes d'aménagement	25
6.3	Communication des indices de coût	25
6.4	Marche à suivre lors de la définition du crédit en vue de la réalisation dans le cadre des étapes d'aménagement (EA) de PRODES	25
	Glossaire	27
	Sources	31

Annexes

- A1 Bases statistiques
- A2 Exemple de présentation des résultats
- A3 Exemple de calcul par étapes
- A4 Structuration des coûts selon la norme SN 506 512 eCCC
- A5 Structuration des coûts selon les CFF
- A6 Technique des scénarios afin de prendre en compte les risques (chances / dangers)
- A7 Banque de données Access afin de déterminer les risques à l'aide de scénarios
- A8 Documentation relative aux coûts – exigences
- A9 Indications sur l'estimation de la complexité d'un projet pour les suppléments S1 et S3

1 Introduction

1.1 Point de la situation

Les mesures infrastructurelles à réaliser sur le réseau ferré suisse sont décidées tous les 4 à 8 ans par le Parlement et font l'objet d'étapes d'aménagement (EA) sur la base du « Programme de développement stratégique de l'infrastructure ferroviaire » (PRODES). Les EA comprennent des offres de transport supplémentaires et l'aménagement de l'infrastructure nécessaire à cet effet. Les mesures infrastructurelles à y inclure feront l'objet d'un processus standardisé de planification et d'évaluation. L'Office fédéral des transports (OFT) est l'autorité qui dirige ce processus et qui prépare les décisions parlementaires par le biais d'un message.

Ensuite, la Confédération commande aux gestionnaires d'infrastructure (GI) les étapes d'aménagement qui figurent dans les décisions au moyen de conventions de mise en œuvre. Pendant la phase de mise en œuvre, la Confédération, représentée par l'OFT, se charge de surveiller et de piloter les projets à réaliser, en mettant à disposition et en gérant les finances. L'OFT a créé dans ce but la directive « Mise en œuvre des aménagements de l'infrastructure ferroviaire » [1], qui contient les prescriptions de mise en œuvre orientées processus.

1.2 But et position du guide

Du début de la planification à la mise en œuvre des EA, les exigences d'exploitation et le respect des crédits tiennent le premier plan. Pour atteindre ce dernier objectif, il faut que tous les participants comprennent l'évaluation des coûts de la même manière. Le présent guide a pour but d'uniformiser et d'harmoniser la terminologie et la méthode à suivre dans l'évaluation des coûts et la communication. Il se concentre sur la période allant de la planification au message relatif à une prochaine EA. En principe, il est possible d'appliquer la méthode de calcul des coûts présentée même après la décision du Parlement, notamment si des études supplémentaires sont réalisées pour certaines mesures. Dans les phases ultérieures d'étude de projet et de réalisation, les calculs de coûts doivent être complétés par des considérations sur les risques, toujours dans le but d'établir une continuité dans les prévisions de coûts – de la phase de planification à la phase de réalisation.

La figure 1 ci-après illustre la position du présent guide :

- La méthodologie proposée par le présent guide doit être appliquée depuis la phase de planification jusqu'au message pour une prochaine EA.
- Pendant la phase de mise en œuvre (planification + réalisation) des mesures décidées dans un arrêté fédéral, la directive « Mise en œuvre des aménagements de l'infrastructure ferroviaire » (RUBA) [1] est la norme à respecter. Elle fixe des règles de méthode et de

terminologie ainsi que les principes de l'organisation, de la gestion des risques et du rapport. Le maître d'ouvrage peut produire des instructions afin d'apporter des précisions ou des compléments.

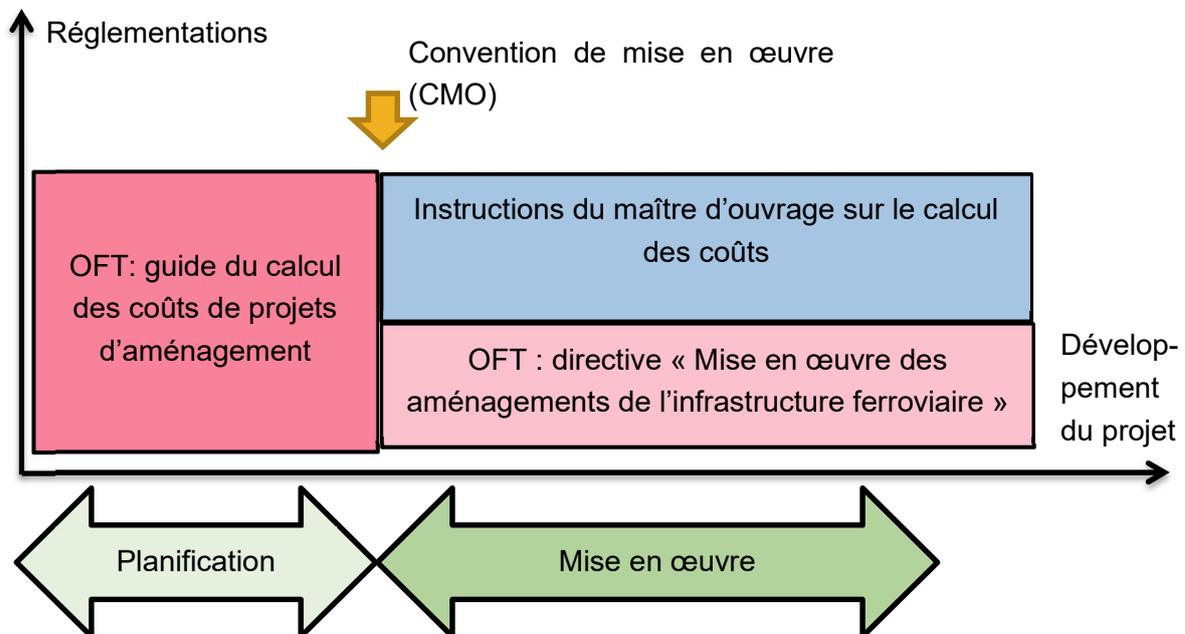


Figure 1 : Position du guide par rapport à la dir. OFT « Mise en œuvre des aménagements de l'infrastructure ferroviaire (RUBA) » et aux instructions du maître d'ouvrage

1.3 Problèmes de l'évaluation des coûts

L'évaluation des coûts de planification des EA pose les problèmes suivants :

- Les dépenses d'investissement liées à chaque mesure infrastructurelle déterminent l'évaluation et les EA. C'est pourquoi il faut garantir que l'évaluation des coûts des mesures infrastructurelles soit basée sur une méthodologie uniformisée de calcul des coûts, quel que soit le propriétaire de l'infrastructure à agrandir. Aussi le présent guide s'adresse-t-il à tous les GI.
- Un crédit d'engagement décidé par le Parlement fixe le cadre financier de la mise en œuvre de chacune des EA. La somme des dépenses d'investissement ne doit pas dépasser ce cadre. Toute évolution dérogatoire des coûts d'une mesure infrastructurelle doit donc d'abord être compensée dans le cadre de la même EA. Si et seulement si cela n'est pas possible, il y a lieu de demander au Parlement un crédit additionnel aux crédits d'aménagement déjà autorisés.

1.4 Conditions requises de la méthodologie de calcul des coûts

Du point de vue de l'OFT, l'évaluation des coûts doit remplir les conditions suivantes :

- Pendant la phase de planification, il faut estimer les dépenses d'investissement au plus près possible de la réalité, à un niveau fiable pour la suite de la planification et de la mise en œuvre. En d'autres termes, une plus grande profondeur de planification ne doit pas obligatoirement entraîner d'augmentation des coûts, ce qui non seulement déborderait le cadre financier d'une EA décidée, mais aussi, suivant les circonstances, pourrait remettre en question l'évaluation et le classement par ordre de priorité des mesures infrastructurelles. Mais la marge de variation des coûts changera au fur et à mesure du développement du projet : elle diminuera de phase en phase en fonction du progrès des connaissances.
- La méthodologie de calcul des coûts doit pouvoir s'accommoder du risque de petites modifications des exigences fonctionnelles relatives au projet, un risque en règle générale constant sur tout le déroulement du planning. Mais cette méthodologie ne peut pas couvrir de fortes modifications. Dans de tels cas, il faut revoir les objectifs du projet et les adapter le cas échéant. À la rigueur, il peut être nécessaire de répéter une phase spécifique de projet en fixant de nouveaux objectifs.
- Les dépenses d'investissement des mesures infrastructurelles décidées doivent être calculables et comparables de manière cohérente de la planification à la réalisation (estimation des coûts finals prévisionnels) et ce, sans que des hausses abruptes de coûts dues à la méthode retenue ne faussent l'image générale.

1.5 Plan et structure du guide

Le présent guide a pour but de fournir à l'utilisateur des bases et des outils d'évaluation des coûts pendant la phase de planification. Il est subdivisé en six chapitres :

- Les chap. 1 et 2 informent l'utilisateur du but du guide et de la délimitation du système.
- La partie centrale, formée des chap. 3 à 5, donne la marche à suivre et les outils.
- Les chap. 5 et 6 sont consacrés à l'utilisation des résultats et à la manière de communiquer les indices de coûts à l'OFT et aux tiers.

2 Délimitation du système

2.1 Rapport aux normes en vigueur

La méthodologie de calcul des coûts décrite ici fait autorité en matière de terminologie pour l'estimation et la documentation des dépenses d'investissement durant toutes les phases, de la planification à l'étude de projet.

Les normes SIA (par ex. SIA103) et la norme SN 506 512 Code des coûts de construction Génie civil eCCC-GC, appliquées pendant la mise en œuvre, ne contiennent pas de déclarations qui soient en contradiction avec le présent guide.

2.2 Délimitation du projet dans le cadre de PRODES

Dans PRODES, les modules sont développés et évalués. Ils contiennent une ou plusieurs améliorations de l'offre ainsi que les mesures infrastructurelles nécessaires qu'elles requièrent. Il se peut aussi que de petites mesures ou des adaptations soient nécessaires en dehors des mesures infrastructurelles proprement dites, qui doivent être estimées et attestées en sus des coûts desdites mesures.

Les EA peuvent englober de grandes et de petites mesures. Pour les grands projets, il vaut la peine de structurer la mesure infrastructurelle en plusieurs sections ou objets et de calculer les coûts séparément selon le caractère des sections (types d'ouvrage, mode de réalisation, complexité technique). Cela permet surtout d'étager les suppléments de risque section par section.

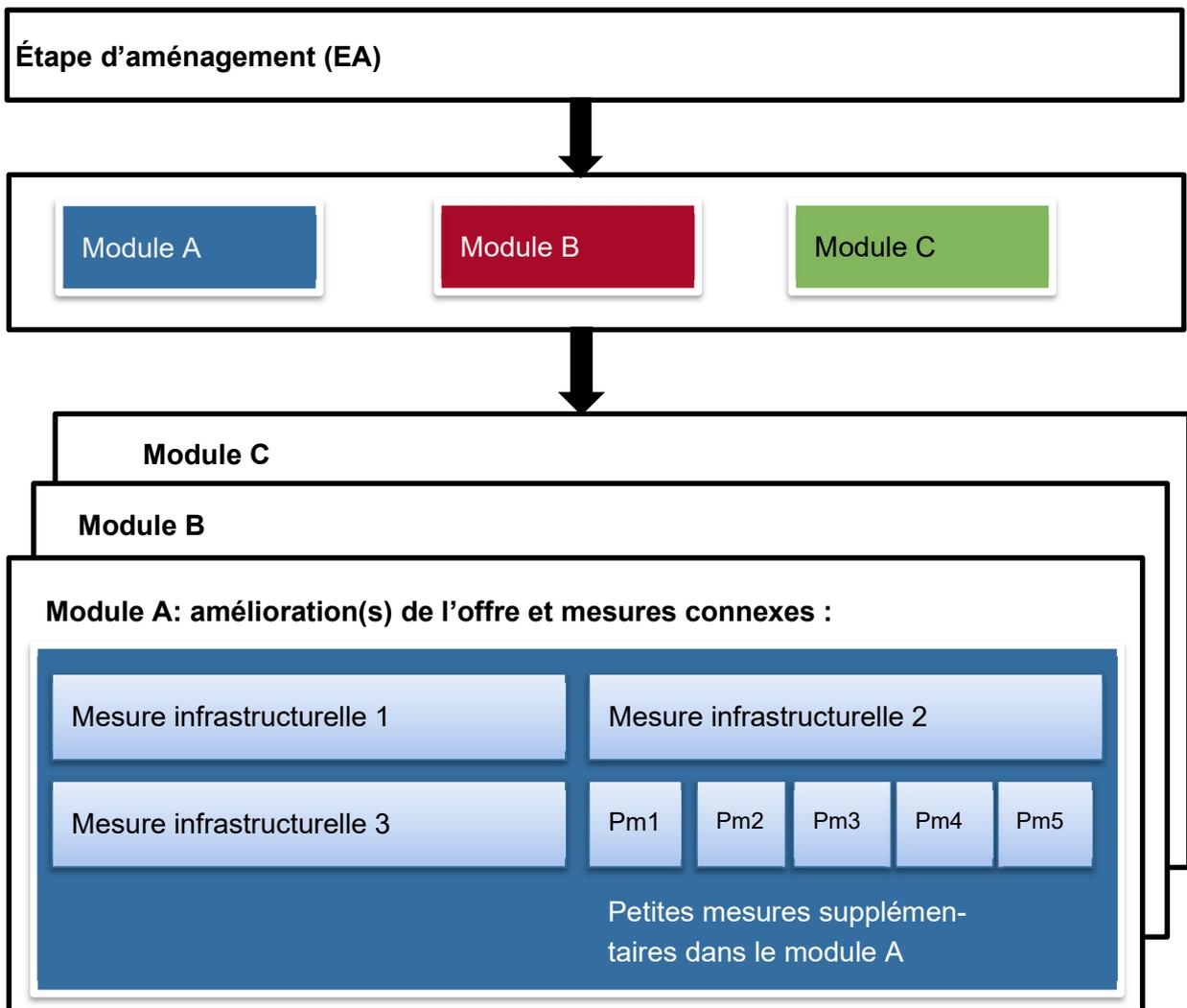


Figure 2: délimitation du projet dans le cadre de PRODES

Les évaluations des coûts sont obligatoires pour chaque mesure infrastructurelle. Pour les petites mesures supplémentaires, on déterminera un montant budgétaire global.

2.3 Prise en compte des mesures subordonnées de maintien de la qualité de l'infrastructure

La loi du 20 décembre 1957 sur les chemins de fer (LCdF)¹ sépare, sur le plan financier, l'aménagement et la maintenance de l'infrastructure. Les conventions de mise en œuvre (CMO) financent les projets d'aménagement élaborés et décidés dans le cadre de PRODES. En principe, la maintenance de l'infrastructure n'en fait pas partie. Celle-ci est indemnisée au titre des conventions de prestations (CP). La méthodologie de calcul des coûts présentée dans le présent guide est applicable à l'évaluation des coûts des projets d'aménagement.

¹ RS 742.101

Toutefois, si une infrastructure ferroviaire à aménager présente des défauts (par ex. des divergences par rapport aux dispositions d'exécution de l'ordonnance sur les chemins de fer actuellement en vigueur), il est impératif, pour qu'un projet puisse être approuvé, de remédier à ces défauts en même temps que la mesure d'aménagement. La correction de ces défauts doit être prise en compte dans les coûts.

Si des travaux subordonnés liés aux mesures sont nécessaires à la maintenance, ceux-ci sont également financés dans la CMO, conformément à l'art. 48f, al. 2, LCdF. Lors de l'évaluation des coûts des projets d'aménagement, il y a donc lieu de tenir compte des travaux en question conformément au présent guide.

2.4 Renchérissement et modifications de lois

Le renchérissement et le risque inhérent aux modifications d'actes normatifs actuellement imprévisibles (loi, normes, prescriptions environnementales, etc.) ne sont pas pris en compte lors de l'évaluation des coûts selon le présent guide. En d'autres termes, ils ne sont pas inclus dans les « risques non quantifiables » qui font l'objet du supplément 3 (S3) (cf. ch. 3.1 et 4.2.4). Les coûts calculés sont exclusivement des dépenses d'investissement qui se réfèrent à la base de coûts fixée.

Avant l'élaboration d'un message, l'OFT indique sur quelle base de prix les coûts doivent être indiqués. Les conversions nécessaires se font à l'aide de l'indice du renchérissement de la construction ferroviaire IRF.

3 Vue d'ensemble de la méthodologie de calcul des coûts

3.1 Définition des paramètres de coûts

La méthodologie de calcul des coûts expliquée dans le présent guide est fondée sur les paramètres de coûts suivants :

- Coûts de base
- Suppléments pour risques

Champ d'application du guide

Phase Paramètre de coûts	Planification		Mise en œuvre
	Planification stratégique ²	Etudes préliminaires ³)	Avant-projets / projets de l'ouvrage
Coûts de base (CdB)			
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Coûts bruts (CBr) 	Calculés à partir d'une quantité référentielle et de coûts par élément approximatifs basés sur une classification des coûts par niveau	À partir d'une quantité référentielle détaillée basée sur des coûts par élément / prix unitaires	À partir d'un bordereau de quantités et de prix unitaires basés sur un plan des coûts de construction ⁴⁾
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Supplément 1 (S1) 	Suppléments pour postes ne figurant pas aux coûts bruts		
Suppléments pour risques			
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Supplément 2 (S2) 	Supplément pour risques de surcoûts quantifiables		Gestion des risques conformément à la directive sur la mise en œuvre ;
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Supplément 3 (S3) 	Supplément pour risques de surcoûts non quantifiables à l'aide des bases de planification disponibles ou <u>non</u> quantifiables du point de vue actuel		

Tableau 1 : paramètres de coûts et phases de planification

S'agissant des différents paramètres, on retiendra ceci :

- Les **coûts de base** se composent des coûts bruts évalués selon les méthodes d'ingénieur et d'un supplément pour les postes qui ne figurent pas dans les coûts bruts (S1).

2) D'après SIA 112, phase 1

3) D'après SIA 112, phase 1

4) Dans un projet de construction, par ex. aussi l'utilisation d'un catalogue standard de postes

- Le **supplément 1** couvre les coûts qui ne peuvent pas être déterminés de manière explicite dans les coûts bruts à l'aide d'une quantité référentielle. En outre, il anticipe d'autres coûts qui ne peuvent être déterminés qu'après une planification approfondie des phases de construction ainsi qu'après l'élaboration d'un concept de gestion des matériaux / d'élimination des déchets et d'un concept de maintenance.
- Le **supplément 2** inclut les risques quantifiables du point de vue actuel concernant l'extension du périmètre, la modification de fonctionnalités, le sol de fondation, les phases des travaux ou les exigences de tiers. La probabilité d'occurrence des risques est alors estimée < 50 %, sinon les coûts liés à ces risques doivent être imputés aux coûts de base.
- Le **supplément 3** couvre les risques non identifiés et donc non quantifiables au moment de la planification ; ces risques se subdivisent en deux groupes :
 - Risques liés à la procédure d'autorisation (par ex. pesée des intérêts en cas de conflit d'objectifs ou de défauts de projets) et à des modifications potentielles de la commande (notamment dues à des tiers tels que les cantons ou les communes ou à des développements technologiques ou à des modifications de projets encore inconnus à la date de la planification et avec lesquels il faut compter dans le déroulement du projet)
 - Risques liés à la complexité (technique) du projet

Le supplément 3 est différencié selon la phase du projet.

3.2 Algorithme d'évaluation du total des coûts

La définition des différents paramètres de coûts présuppose des connaissances d'ingénieur et une approche d'ingénieur. Sur cette base, le total des coûts est calculé à l'aide d'un algorithme systématique.

Le total des coûts résulte de l'addition des coûts bruts et des suppléments 1, 2 et 3, comme l'illustre la figure 3. Le supplément 1 s'exprime en pour-cent des coûts bruts. Le supplément 2 pour les risques identifiés et quantifiables est calculé par analogie aux coûts bruts à partir d'une quantité référentielle et des coûts par élément afférents ou des prix unitaires. Le supplément 3, quant à lui, s'exprime en pour-cent des coûts de base.

Total des coûts des investissements

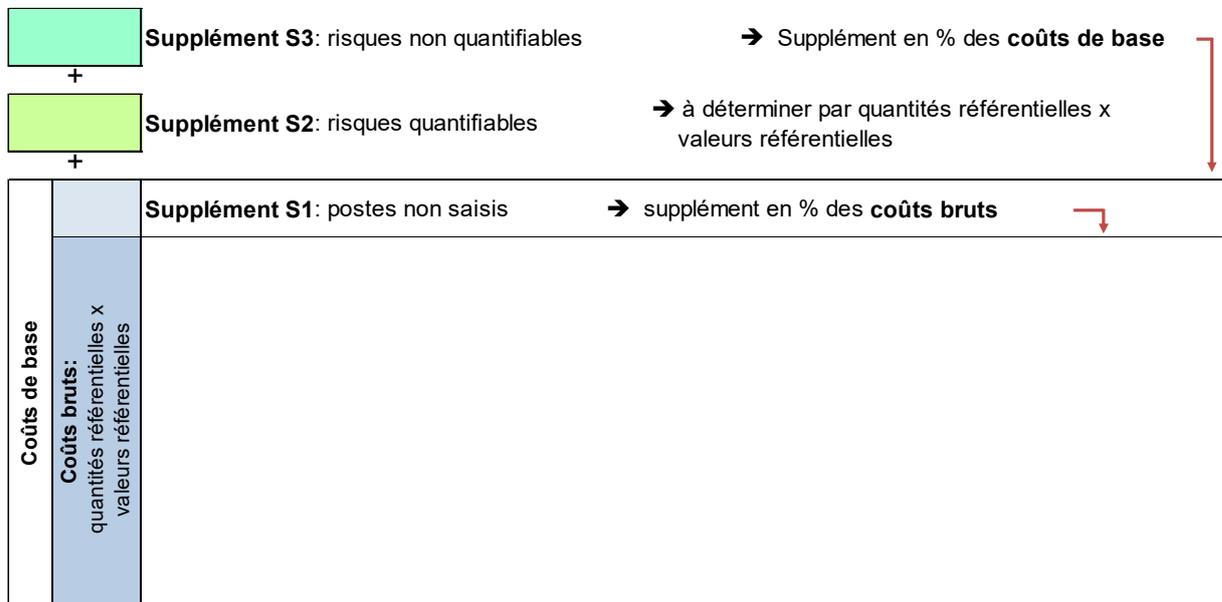


Figure 3 : Algorithmme

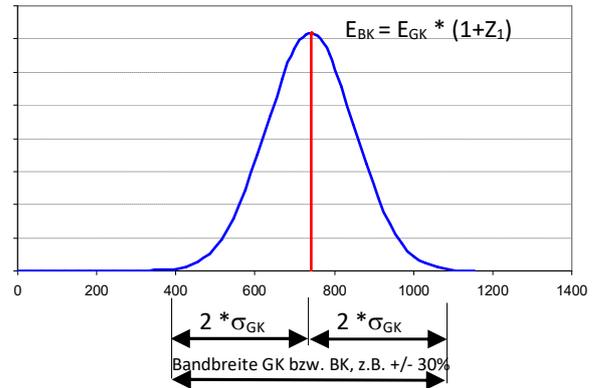
3.3 Approche méthodologique

La méthodologie de calcul des coûts appliquée dans le présent guide présente la caractéristique suivante : tous les coûts sont considérés comme des valeurs « floues ». Sur la base des calculs de probabilité, les coûts sont traités en tant que variables aléatoires descriptibles par une loi de probabilité (ou une fonction de densité). Cette approche présente le net avantage de fournir des indications sur les dépenses d'investissement, d'une part, et sur la fiabilité de ces indications, d'autre part. Cet aspect est important dans l'optique de la structuration en coûts par modules puis en coûts par EA.

Cette approche se prête en premier lieu à l'évaluation des coûts en phase de planification, lorsque les coûts sont encore empreints d'incertitudes et de risques, quantifiables ou non.

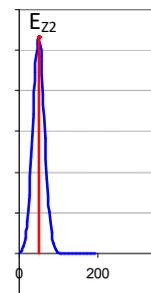
Coûts de base (E_{CdB}) =

Coûts bruts (E_{CBr})
multipliés par (1 + supplément 1)



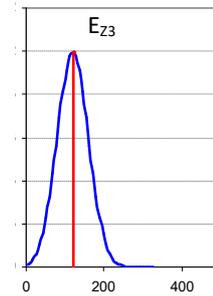
+ supplément 2

(risques quantifiables)



+ supplément 3

(risques non quantifiables)



= Total des coûts

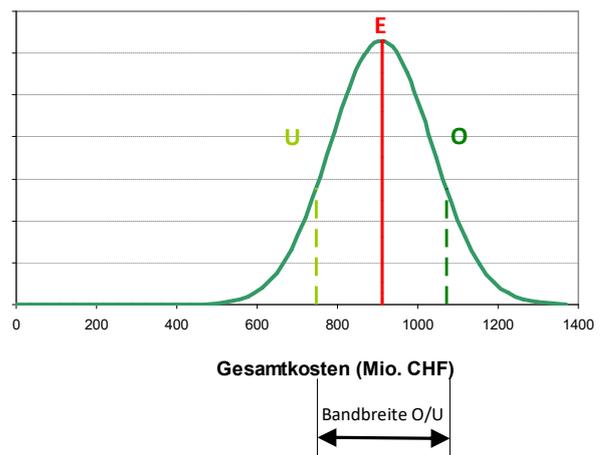


Figure 4: représentation des coûts par des variables aléatoires

On admet que les coûts de base et les coûts bruts peuvent être représentés par loi normale gaussienne, caractérisée par l'**espérance mathématique E** (= valeur moyenne définie) et la **marge de variation**. La marge de variation correspond au chiffrage de la précision des coûts (cf. tableau 2).

Les suppléments 2 et 3 sont également traités en tant que variables aléatoires. La fonction de densité des risques (et des chances) est admise comme normale, entre zéro (inexistants) et le coût maximal estimé O (quantiles, cf. annexe A1).

Le total des coûts suit donc aussi une loi de probabilité. Comme on considère que les termes de l'addition suivent une loi normale, il en va de même pour le total des coûts. Ce dernier se caractérise par trois indices de coûts définis :

- **Espérance mathématique E** : cette valeur décrit le coût de sorte que la probabilité de le dépasser ou d'être inférieur à celui-ci soit de 50 %.
- **Coût minimal et maximal U / O** : ces deux valeurs constituent les limites de la marge de variation des coûts.

Les coûts minimal et maximal U / O sont définis de sorte que la probabilité de dépassement ou d'économie du total des coûts soit de 10 %. En d'autres termes : la probabilité que le total des coûts se situe à l'intérieur de la marge de variation est de 80 %.

La figure 5 ci-après illustre de manière schématique l'évolution de la précision des coûts au long de l'élaboration du projet et la prévision des coûts finals à l'aide de l'approche méthodologique décrite ci-dessus. La figure présente aussi le champ d'application pour la méthodologie d'évaluation des coûts avec suppléments pour risques en fonction des phases ainsi que pour la méthodologie avec analyse de risques conformément à la gestion des risques prévue dans la directive sur la mise en œuvre [1].

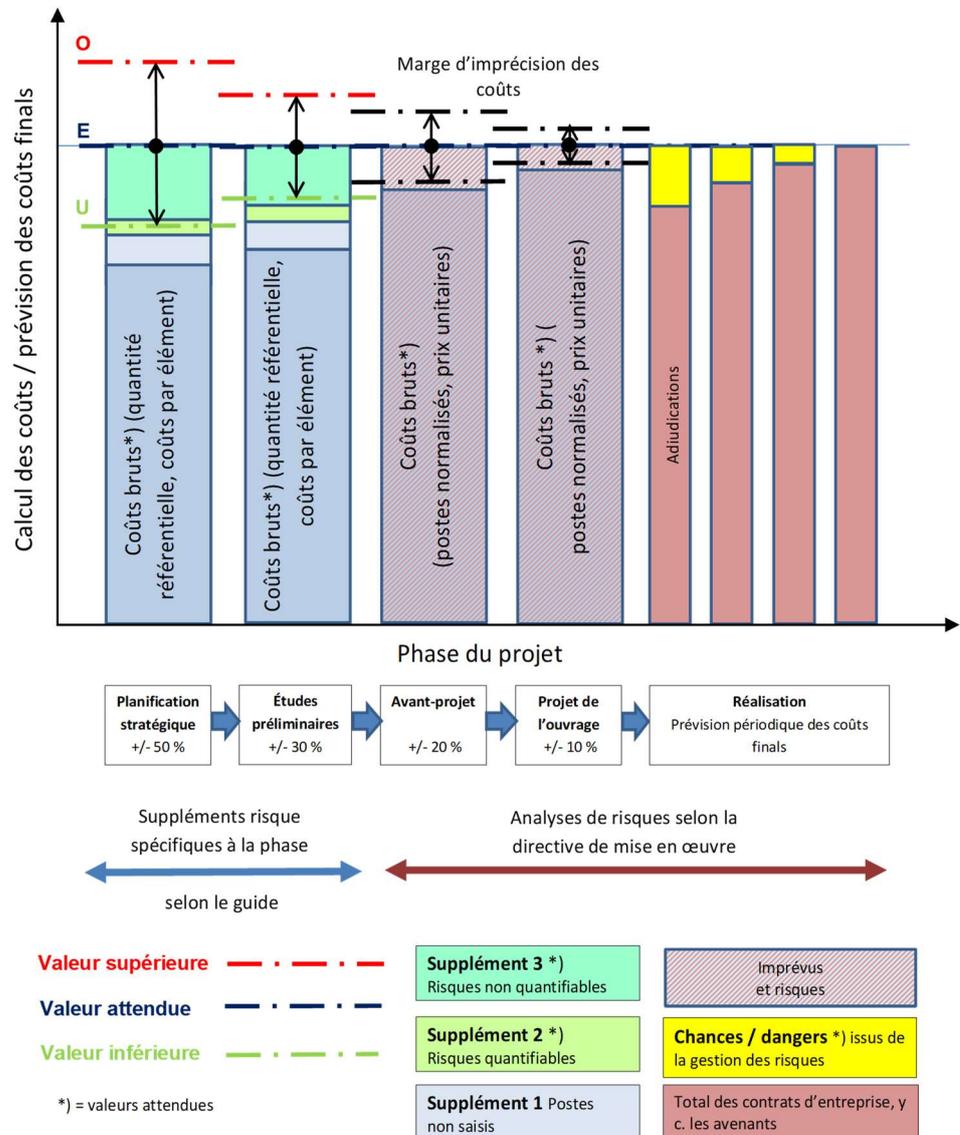


Figure 5 : évolution de l'imprécision des coûts au fil de la réalisation du projet (présentation du principe)

- En théorie, lorsque les risques de surcoûts sont intégralement couverts par les suppléments, l'espérance mathématique (E) d'une étude préliminaire correspond assez exactement aux coûts finals. Du fait d'imprécisions, la marge de variation des coûts d'un projet est plus grande au début, mais elle diminue au fil de l'avancement du projet. Il en résulte la baisse du coût maximal (O) et l'augmentation du coût minimal (U).
- Lors du déroulement d'un projet, il est caractéristique que les coûts bruts tendent à augmenter avec le degré de détail du projet. À l'inverse, les risques diminuent à mesure que les bases s'améliorent et que les risques disparaissent ou sont atténués par des mesures de planification et d'organisation.

- À l'issue de la mise au concours et de l'adjudication des travaux, le projet est réalisé sur la base du contrat d'entreprise. Un jalon important est la constatation de la qualité de l'adjudication par rapport aux coûts devisés. Dans cette phase du projet, les coûts finals prévisionnels et leur comparaison avec les bases de référence des coûts deviennent le principal instrument de surveillance et de pilotage. Plus le projet progresse, plus les risques s'amenuisent. Les risques qui se sont réalisés sont intégrés à la prévision des coûts finals, ce qui entraîne une hausse effective des coûts. Les risques qui ne se sont pas réalisés sont éliminés. Enfin, les coûts prévisionnels deviennent les coûts finals décomptés.

L'annexe A2 présente un exemple de résultat. Les différentes étapes – la procédure d'évaluation des coûts et les résultats progressifs – sont présentées à l'annexe A3 à l'aide d'une estimation des coûts indicatifs dans une étude préliminaire.

4 Étapes de la procédure

4.1 Détermination des coûts bruts

(cf. annexe A3, étape 1)

4.1.1 Vue d'ensemble

Les procédures de détermination des coûts bruts varient en fonction de la phase de planification et de la base du projet. Cela influe aussi sur la précision des coûts qui en résulte, comme l'indique le tableau 2. Ladite précision des coûts augmente avec le degré d'approfondissement.

Base du projet	Précision des coûts
Planification stratégique Sur la base de coûts par élément d'objets comparables évalués	+/- 50 %
Études préliminaires³⁾ Élaborée au niveau technique / génie civil (y c. implication des services spécialisés)	+/- 30 %
Avant-projet	+/- 20 %
Projet de l'ouvrage	+/- 10 %

Tableau 2 : bases du projet en vue de la détermination des coûts bruts

Les maîtres d'ouvrage ont toute latitude pour structurer les coûts bruts. La norme SN 506 512 Code des coûts de construction Génie civil eCCC-GC [3] constitue toutefois un instrument dont la structuration permet de saisir les coûts des premières planifications (étude sommaire) à la réalisation et de les détailler progressivement. Elle permet de saisir les coûts, de les élaborer, de les comparer et de les évaluer à l'échelon requis selon la phase de planification, et ce, de manière systématique et précise.

Remarques concernant les différentes bases de projet :

- **Planification stratégique** : tant que la quantité référentielle n'est encore qu'approximative et basée sur une présentation géométrique sommaire de la future installation, les coûts à prévoir ne peuvent faire l'objet que d'une première estimation. En règle générale, ces estimations reposent sur des hypothèses fonctionnelles rudimentaires et sur une esquisse de la configuration de la future installation. Cette phase a pour objectif d'obtenir, à peu d'effort et moyennant quelques coûts par élément basés sur des projets comparables déjà réalisés, un ordre de grandeur plausible des coûts. La précision de l'estimation des coûts est de +/- 50 %.

- **Étude préliminaire** : cette étude a pour but de déterminer la variante optimale au niveau conceptuel sur la base d'un concept d'exploitation et d'infrastructure. La faisabilité géométrique, technique et au niveau du génie civil y est également vérifiée et démontrée. De plus, l'étude harmonise les mesures de maintenance de l'infrastructure prévues pour l'horizon temporel considéré. La précision de l'estimation des coûts est de +/- 30 %.
- **Avant-projet** : l'avant-projet sert à élaborer un projet optimisé en ce qui concerne sa conception et sa rentabilité. Il faut choisir des variantes et concrétiser le projet en fonction de la variante optimale sélectionnée. En règle générale, la précision des coûts passe à +/- 20 %.
- **Projet de l'ouvrage** : à ce stade, il faut élaborer un projet optimisé au niveau des coûts et suffisamment défini en vue de la mise au concours. Les échéances doivent être fixées. En règle générale, le devis est établi avec un degré de précision de +/- 10 %.

La marche à suivre est précisée aux ch. 4.1.2 à 4.1.4 ci-après.

4.1.2 Marche à suivre pour la planification stratégique

Les coûts bruts sont calculés à partir des coûts par élément représentatifs et d'une quantité référentielle estimée approximativement. Les coûts par élément doivent être différenciés en fonction de la complexité et de la taille des objets, afin d'obtenir une précision des coûts de +/- 50 % :

Outre les coûts de l'ouvrage d'art, les coûts de planification (honoraires) et les coûts annexes à la construction (dépenses pour les prestations de sécurité, intervalles, coûts de remplacement des trains) doivent être pris en compte de manière adéquate.

Idéalement, pour leurs estimations globales, les maîtres d'ouvrage disposent de valeurs référentielles ou de coûts par élément fondés sur de nombreux projets déjà réalisés. Ces instruments devraient saisir pour chaque groupe principal ou d'éléments des valeurs référentielles plausibles et structurées selon les conditions-cadre suivantes :

- Base du projet (étude, avant-projet, projet de construction etc.)
- Géologie/ hydrologie
- Milieu (urbain / « prairie »)
- Différences régionales (situation du marché)
- Construction en cours d'exploitation
- Autres conditions-cadre.

4.1.3 Marche à suivre pour les études préliminaires

Les coûts bruts sont déterminés à partir de coûts par élément structurés de manière détaillée et d'une quantité référentielle détaillée. Au besoin, l'objet envisagé est décomposé à l'aide d'une quantité référentielle adéquate en *objets partiels / sections* et *groupes de coûts*. La structuration doit être spécifique à l'objet et la profondeur de planification appropriée. En règle générale, on utilise pour les études préliminaires sommaires les valeurs référentielles de l'échelon « Groupe d'éléments » conformément à la norme SN 506 512 eCCC-GC.

La norme SN 506 512 eCCC-GC ne porte pas que sur les éléments de la construction ferroviaire, mais elle est axée sur tous les secteurs du génie civil. Il faut donc sélectionner les groupes de coûts adéquats (cf. annexe A4).

Le constructeur est libre de procéder à sa propre structuration des coûts, axée spécifiquement sur la construction ferroviaire (cf. exemple à l'annexe A5).

Lors de l'application concrète, il y a lieu de tenir compte des points suivants :

- **Quantité référentielle** : l'élaboration d'une quantité référentielle de génie civil et fondée sur la desserte ferroviaire prévue est la condition *sine qua non* pour déterminer des coûts bruts cohérents. La quantité référentielle doit s'appuyer sur des exigences fonctionnelles (régime d'exploitation en cas normal et en cas d'événement).
- **Approche des données spécifiques au projet d'un point de vue d'ingénieur** : L'approche par le calcul de probabilité présuppose en outre que les coûts par élément et l'étendue présumée de l'objet considéré présentent à peu près la même probabilité de dépassement vers le haut et vers le bas. Il est donc impératif d'adopter une approche d'ingénieur pour aborder les valeurs référentielles et les données spécifiques au projet (étendue vraisemblable, marge de variation et possibilité de transposer les valeurs pragmatiques des coûts). L'objectif est de garantir que les coûts de base correspondent aux valeurs pragmatiques, c'est-à-dire qu'ils ne soient ni sur- ni sous-estimés.
- **Construction en cours d'exploitation, phases de construction complexes** : dans le calcul des coûts par élément, il faut en principe tenir compte des difficultés telles que la construction en cours d'exploitation et des déroulements complexes des phases de construction impliquant des itinéraires provisoires avec déplacements temporaires de la voie. Pour les projets complexes (voir les remarques correspondantes dans l'annexe A9), un facteur de supplément S1 majoré est calculé dans les premières phases de planification, ce qui permet d'anticiper les coûts plus élevés qui en résultent.
- **Installations de chantier** : au niveau des études préliminaires, il faut définir au cas par cas et avec soin si les installations de chantier seront incluses dans les valeurs référentielles ou si elles seront attestées séparément. À cet effet, la norme SN 506 512 eCCC-GC prévoit le groupe principal « L Travaux préparatoires du génie civil ».

- **Honoraires et frais administratifs généraux** : les honoraires pour l'étude de projet et la direction des travaux font partie des coûts bruts. À l'échelon des études préliminaires, ils ne sont pas inclus dans les coûts par élément mais attestés séparément. Si l'on applique la norme SN 506 512 eCCC-GC, ils sont attribués au groupe principal « V Etudes du projet ». Ils sont définis sous forme de suppléments sur les coûts de construction de l'ouvrage établis séparément et ne doivent pas être cumulés. Le supplément pour honoraires dépend de l'ampleur de l'objet à construire et est spécifique au projet (en règle générale entre 15 et 20 %). Si un GI applique les frais administratifs généraux (FAG), ceux-ci doivent être imputés aux coûts bruts. Comme les suppléments S1 et S2 sont appliqués aux coûts bruts, les honoraires et les FAG sont toujours inclus. Ainsi, en cas de réalisation des risques, il est garanti que les dépenses supplémentaires liées aux honoraires sont couvertes.

4.1.4 Marche à suivre dans l'étude de projet

La planification et la mise en œuvre d'une mesure d'aménagement sont placées sous la responsabilité du maître d'ouvrage et réglées par la convention de mise en œuvre conclue entre l'OFT et le maître d'ouvrage. Dans la mise en œuvre, ce dernier est libre de fixer l'étendue et la méthodologie d'évaluation des coûts. Pour les projets ferroviaires, la structuration des coûts se fait selon la norme SN 506 512 eCCC-GC (standard).

Les coûts unitaires sont évalués et fixés par le planificateur ou, éventuellement, par les services spécialisés. Dans ce cas également, les coûts unitaires doivent être définis de manière à ce que la probabilité qu'ils soient dépassés soit à peu près similaire à la probabilité qu'ils ne soient pas atteints. Il est utile de comparer différentes valeurs pragmatiques tirées d'offres, de contrats d'ouvrage et de projets décomptés puis d'analyser la marge de variation.

Le traitement des honoraires et des FAG présenté au ch. 4.1.3 est valable pour la planification.

4.2 Application de la méthodologie de calcul des coûts

4.2.1 Coûts bruts (cf. annexe A3, étape 2)

Les coûts bruts sont déterminés et utilisés au niveau de l'espérance mathématique (probabilité similaire qu'ils soient dépassés ou non atteints).

L'écart-type σ_{CBr} découle de la précision des coûts, qui est par définition de +/- 30 % pour les estimations des prix indicatifs et de +/- 50 % pour les estimations globales ou approximatives des coûts. L'intervalle entre ces valeurs limite est appelé marge de variation des coûts bruts. Dans l'hypothèse que 95 % de tous les coûts se situent dans cet intervalle, l'écart-type σ_{CBr} est calculé en divisant la marge de variation par 4 (déduction : cf. annexe A1).

Pour une précision des coûts de +/- 30 %, σ_{CBr} est défini :

$$\sigma_{CBr} = 2 * \frac{30\%}{4} * E[CBr] = 15\% * E[CBr]$$

Pour une précision des coûts de +/- 50 %, σ_{CBr} devient :

$$\sigma_{CBr} = 2 * \frac{50\%}{4} * E[CBr] = 25\% * E[CBr]$$

4.2.2 Supplément 1, coûts de base (cf. annexe A3, étape 3)

Les coûts de base se calculent à partir des coûts bruts et du supplément 1 pour les postes ne figurant pas dans la quantité référentielle qui ne peuvent être quantifiés avec suffisamment de précision que par un traitement plus approfondi dans les phases de planification ultérieures. Il s'agit notamment d'aspects tels que le déroulement des travaux, la gestion des matériaux, les intervalles etc. Le supplément 1 est un pur facteur et augmente donc l'espérance mathématique des coûts de base. L'écart-type ne change pas, même après ajout du supplément 1.

Le supplément 1 est fixé par phase. Le niveau de détail de la structure de coûts appliquée est ainsi pris en compte. De plus, une distinction est faite selon la complexité du projet en termes d'environnement, de fonctionnalité, de géologie/tunnels et de technique de sécurité. Les valeurs sont indiquées dans les tableaux 3 et 4 ci-dessous.

Planification stratégique	Supplément 1 en pour-cent des coûts bruts	
	Complexité du projet	
	Faible	Forte
Profondeur / niveau de détail dans la structure des coûts		
• Grand	15	20
• Faible	20	25

Tableau 3 : supplément 1 en phase de Planification stratégique

Étude préliminaire	Supplément 1 en pour-cent des coûts bruts	
	Complexité du projet	
	Faible	Forte
Profondeur / niveau de détail dans la structure des coûts		
• Grand	10	15
• Faible	15	20

Tableau 4 : *supplément 1 en phase d'étude préliminaire*

Il convient de noter qu'au cours de la phase d'étude de projet (avant-projet et projet de l'ouvrage), le supplément 1 est généralement remplacé par un poste pour imprévus (jusqu'à 15 % maximum), ce qui garantit la continuité méthodologique.

4.2.3 Supplément 2 (cf. annexe A3, étapes 4 et 5)

Dans le supplément 2 (S2), on définit et quantifie les dangers et les chances (approche d'ingénieur). Il y a lieu d'attester les effets maximaux qu'un risque identifié a sur les coûts (valeur O). Les chances constituent des réductions éventuelles des coûts et le montant est négatif. Lorsqu'il y a plusieurs risques, chaque danger et chaque chance sont recensés et attestés individuellement. Le supplément 2 est ajouté aux coûts de base (c.-à-d. coûts bruts y c. honoraires, FAG et un supplément 1).

La fonction de densité des chances et des dangers estimés est considérée comme normale entre zéro et le montant maximal estimé des risques (valeur O, quantiles, cf. annexe A1). L'espérance mathématique d'un danger ou d'une chance est donc la valeur correspondant à la moitié du montant maximal du risque. Ces valeurs sont intégrées dans l'évaluation du total des coûts et ajoutées aux coûts de base.

Si, d'un autre point de vue, l'espérance mathématique d'un danger ou d'une chance est prise en compte à 100 %, la marge de variation du risque individuel dans le S2 est de +/- 100 %. L'écart-type σ_{S2} est donc défini ainsi (cf. annexe A1) :

$$\sigma_{S2} = 2 * \frac{100\%}{4} * E[S2] = 50\% * E[S2]$$

Etant donné que le montant maximal du risque s'élève à 200 % de l'espérance mathématique, σ_{S2} peut être défini directement en divisant le montant maximal du risque par 4.

4.2.4 Supplément 3 (cf. annexe A3, étapes 6 et 7)

Le supplément 3 est ajouté aux coûts de base. Il sert à estimer la valeur maximale (valeur O) des risques non quantifiables. Les phases de planification sont prises en compte dans la mesure où les suppléments des phases Planification stratégique et Études préliminaires diffèrent. Il incombe aux responsables du projet d'estimer l'étendue des risques désignés dans les tableaux 3, 4 et 5 et de constituer une valeur totale à partir des deux valeurs partielles.

- Pour la phase Planification stratégique, le supplément 3 peut se situer entre 45 et 90 % selon l'estimation (cf. valeurs indicatives du tableau 5).
- Pour la phase Études préliminaires, le supplément 3 se situe entre 25 et 50 % (cf. valeurs indicatives du tableau 6).

Planification stratégique	Supplément 3 Estimation du risque en pour-cent des $E[CdB]$	
	Bas	Elevé
Risque lié aux adaptations de projet au cours de la procédure d'autorisation et aux adaptations postérieures de la commande, y c. développements technologiques	20	40
Complexité technique du projet :	25	50

Tableau 5 : valeurs indicatives pour le supplément 3 dans la phase Planification stratégique

Études préliminaires	Supplément 3 Estimation du risque en pour-cent des $E[CdB]$	
	Bas	Elevé
Risque lié aux adaptations de projet au cours de la procédure d'autorisation et aux adaptations postérieures de la commande, y c. développements technologiques	10	20
Complexité technique du projet :	15	30

Tableau 6 : valeurs indicatives pour le supplément 3 dans la phase Études préliminaires

Il est également possible de choisir un supplément 3 différant des valeurs indicatives ci-dessus. Chaque choix doit être justifié de manière compréhensible, en particulier si l'on estime que des valeurs inférieures sont suffisantes.

La fonction de densité du supplément 3 est supposée normale entre zéro et le montant maximal estimé des risques (valeur O, quantiles, cf. annexe A1).

L'espérance mathématique du supplément 3 est donc la valeur correspondant à la moitié du montant maximal du risque. Ces valeurs sont intégrées dans l'évaluation des coûts du module et de l'étape d'aménagement (cf. ch. 5.2) et sont ajoutées aux coûts de base.

Si, d'un autre point de vue, l'espérance mathématique du supplément 3 est prise en compte à 100 %, la marge de variation du risque individuel dans le S3 est de +/- 100 %. L'écart-type σ_{S3} est donc défini ainsi (cf. annexe A1) :

$$\sigma_{S3} = 2 * \frac{100\%}{4} * E[S3] = 50\% * E[S3]$$

Etant donné que le montant maximal du risque se monte à 200 % de l'espérance mathématique, σ_{S3} peut être défini directement en divisant le montant maximal du risque par 4.

4.2.5 Détermination des indices de coût E, U et O (cf. annexe A3, étape 8)

Le total des coûts obtenu par la somme des paramètres de coûts selon la loi normale peut être décrit à l'aide des indices de coût Espérance mathématique (E_{Total}) et Coûts maximaux et minimaux (U / O).

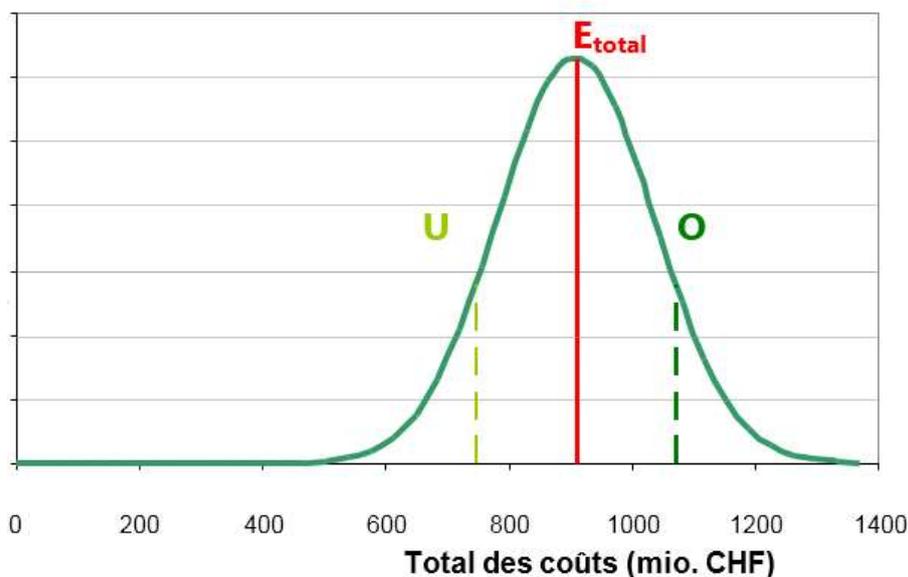


Figure 6 : indices de coût suivant une loi normale gaussienne

Vu que le total des coûts devrait se situer avec une probabilité de 80 % entre les coûts minima et maxima U et O, les indices de coûts peuvent être exprimés mathématiquement comme suit (cf. annexe A1) :

$$E_{Total} = E[CdB] + E[S2] + E[S3]$$

$$U = E_{Total} - 1.3 * \sigma_{Total}$$

$$O = E_{Total} + 1.3 * \sigma_{Total}$$

et

$$E[CdB] = E[CBr] * (1 + S1\%) = CBr * (1 + S1\%)$$

$$E[S2] = 0.5 * S2$$

$$E[S3] = 0.5 * S3 = 0.5 * S3\% * E[CdB]$$

$$\sigma_{Total} = \sqrt{\sigma_{CdB}^2 + \sigma_{S2}^2 + \sigma_{S3}^2}$$

$$\sigma_{CdB} = \sigma_{CBr} = 0.5 * x\% * E[CdB]$$

$$\sigma_{S2} = 0.5 * E[S2]$$

$$\sigma_{S3} = 0.5 * E[S3]$$

$$S1 = S1\% * CBr$$

$$S3 = S3\% * E[CdB]$$

et

CBr, CdB [CHF] ... Coûts bruts, coûts de base	(4.2.1, 4.2.2)
S1, S2, S3 [CHF] ... Suppléments 1, 2, 3	(4.2.2, 4.2.3, 4.2.4)
S1%, S3% [%] ... Pourcentage pour le calcul des suppléments 1, 3	(4.2.2, 4.2.4)
σ_{Total} ... Ecart-type du total des coûts	
x% [%] ... Marge de variation des coûts bruts / précision des coûts	(4.1.1)

Le supplément 2 peut se composer de plusieurs suppléments 2 partiels. Il faut ajouter pour chaque danger et chaque chance l'espérance mathématique et la variance (écart-type au carré) respective.

5 Agrégation des coûts de différentes mesures infrastructurelles en coûts par module et coûts d'une étape d'aménagement

5.1 Mesures infrastructurelles

On entend par mesures infrastructurelles des extensions isolées de l'infrastructure dans les gares (par ex. bordure de quai supplémentaire) ou sur le tronçon (par ex. tronçons à double voie ou nouveau tronçon).

5.2 Constitution des coûts des modules et de l'étape d'aménagement

Chaque module se compose d'au moins une, mais en règle générale de plusieurs mesures infrastructurelles. L'étape d'aménagement (EA) élaborée après le processus d'évaluation est composée de plusieurs modules (cf. ch. 2.2, figure 2). Pour former les coûts des modules puis de l'EA, il faut additionner les dépenses d'investissement des différentes mesures infrastructurelles ainsi que des modules.

Toutes les dépenses d'investissement, des mesures infrastructurelles aux coûts des modules et de l'EA, sont des coûts variables. L'addition des coûts doit par conséquent respecter les principes de la théorie des probabilités. Selon celle-ci, toutes les espérances mathématiques et les variances des différentes mesures infrastructurelles sont additionnables⁵). Cela est possible si l'on suppose que les différentes dépenses d'investissement sont indépendantes du point de vue stochastique et que l'influence réciproque est négligeable, et ce, pour les motifs suivants : les dépenses d'investissement ont lieu sur une longue période et par tranches de financement. En règle générale, on ne s'attend pas à ce que les marchés s'influencent réciproquement.

Les coûts des modules et de l'EA qui en résultent sont également soumis à la loi normale gaussienne. Les coûts maximaux et minimaux sont déterminés de la même manière que le total des coûts d'une mesure d'investissement individuelle (cf. ch. 4.2.5).

À ce niveau, il est important de pouvoir faire des déclarations sur la stabilité des coûts résultant de l'addition de nombreuses mesures d'investissement. Il est donc utile de présenter les coûts cumulés sous l'aspect de la loi de probabilité (cf. annexe A7). Cette forme de présentation

5) Les formules se trouvent à l'annexe A1, « Constitution de coûts des modules et de l'étape d'aménagement »

indique la probabilité avec laquelle certains coûts des modules ou de l'EA pourront être respectés, voire ne pas être atteints. A contrario, on en déduit aussi la probabilité avec laquelle les coûts pris en considération seront dépassés (cf. figure 9).

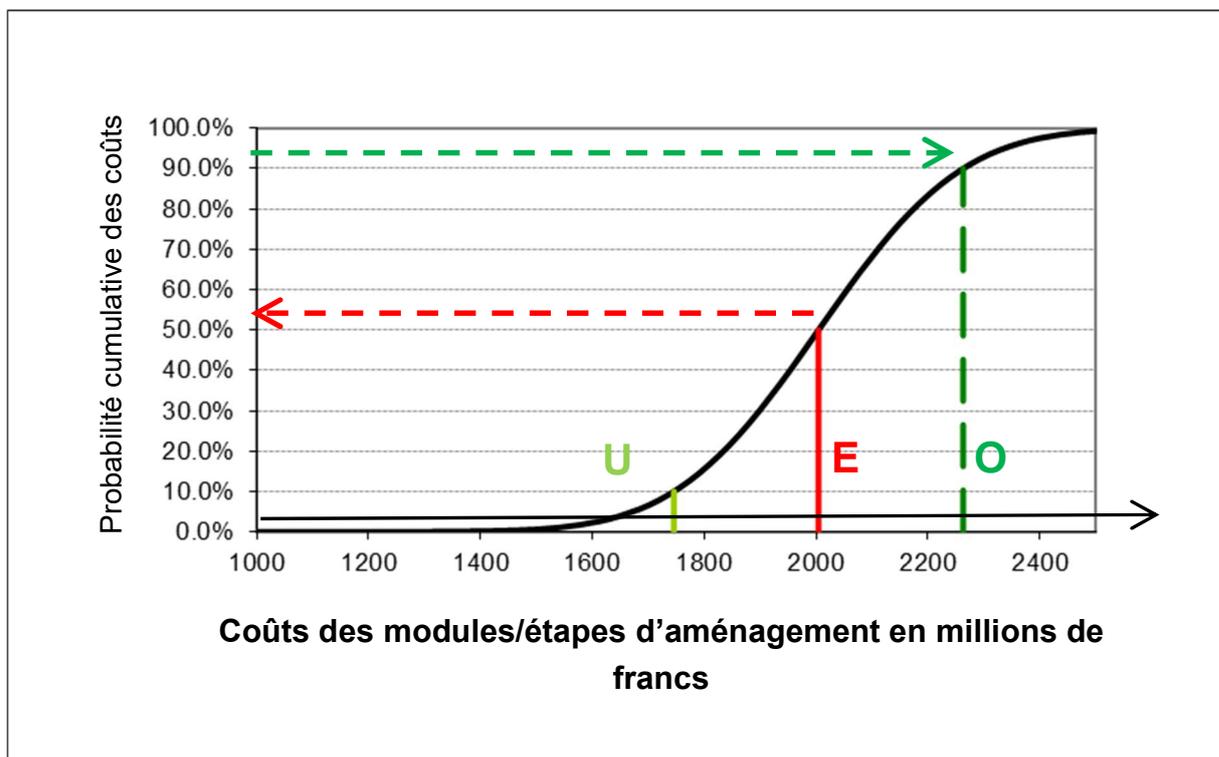


Figure 9 :

Loi de probabilité cumulative des coûts des modules / d'étape d'aménagement : par exemple : les coûts de 2000 millions de francs seront respectés avec une probabilité de 50 %. Pour atteindre une probabilité de 90 %, il faut deviser les coûts à 2260 millions de francs.

6 Utilisation et communication des résultats

6.1 Déclarations sur les indices de coûts E, U, O

Les indices de coût E, U et O fournissent aussi bien l'ordre de grandeur que le degré de précision des dépenses d'investissement :

- L'espérance mathématique (E) indique le coût qui sera dépassé ou qui ne sera pas atteint avec une probabilité de 50 %. On caractérise ainsi l'ordre de grandeur des coûts sans faire de déclaration quant à la précision des coûts.
- Les coûts minimaux et maximaux (U / O) indiquent la marge de variation des dépenses d'investissement prévues sans souligner la valeur la plus probable. Ils expriment ainsi que les coûts sont entachés d'incertitudes.

Ensemble, les trois valeurs représentent l'évaluation complète des coûts.

6.2 Evaluation des mesures infrastructurelles et des étapes d'aménagement

Les coûts des modules sont évalués à l'aide de l'espérance mathématique (E). Cet indice de coût caractérise la dépense d'investissement à prévoir et est intégré aux considérations du rapport coût-utilité des modules conformément au NIBA.

6.3 Communication des indices de coût

Dans la communication avec les régions de planification et les tiers, l'intérêt se concentre en règle générale sur les différentes mesures infrastructurelles. À cet effet, on place l'espérance mathématique (E) ainsi que les coûts minimaux et maximaux (U/O) en rapport avec l'étude (par ex. étude sommaire), ce qui souligne que les mesures d'investissement ne sont pas encore définies de manière conclusive.

6.4 Marche à suivre lors de la définition du crédit en vue de la réalisation dans le cadre des étapes d'aménagement (EA) de PRODES

En règle générale, les mesures infrastructurelles nécessaires sont financées par la Confédération seule. Parfois, des tiers y sont associés. Lors de financements mixtes, il y a lieu de distinguer la part fédérale de la part financée par les cantons et les communes. Pour la marche à suivre, on retiendra ceci :

- **EA comprenant de nombreuses mesures** : l'OFT et les GI fixent la somme des coûts attendus de toutes les mesures, à titre d'objectif en vue de la réalisation. Les suppléments 3 restent spécifiques aux différentes mesures infrastructurelles.
- **Mesures infrastructurelles isolées dans une EA de PRODES sans financement de tiers** : l'OFT et les GI fixent, de manière similaire au point précédent, l'espérance mathématique (E) des différentes mesures, à titre d'objectif en vue de la réalisation.
- **Mesures infrastructurelles isolées dans une EA de PRODES avec financement de tiers** : la part du financement des tiers doit être traitée comme un crédit de construction. Afin d'éviter les crédits supplémentaires, il est recommandé de prévoir une réserve. La part résiduelle est définie comme décrit dans les points précédents à l'aide de l'espérance mathématique (E) des différentes mesures, à titre d'objectif en vue de la réalisation.

Glossaire

Les termes techniques utilisés dans le présent guide sont décrits ci-après par ordre alphabétique :

Base de référence des coûts	Terme issu de la directive sur la mise en œuvre des aménagements d'infrastructure ferroviaire (OFT) : valeur-cible initiale ou mise à jour à une date de référence dans le domaine des coûts.
Coûts bruts (CBr)	Partie principale des coûts de base, calculés ou estimés avec davantage de précision à partir d'une étude, d'un avant-projet ou d'un projet de construction. Selon le procédé de détermination, ils résultent des coûts par élément, de la quantité référentielle et des valeurs référentielles caractéristiques (estimation approximative des coûts et estimation des coûts indicatifs) ou de réflexions faites par analogie à des objets comparables (estimations globales). À partir de la phase du projet de l'ouvrage, ils se fondent sur les postes normés et sur les prix unitaires.
Coûts de base (CdB)	Coûts quantifiables (d'un point de vue d'ingénieur) d'un avant-projet ou d'un projet de construction sur la base d'une étude, constitués des coûts bruts et du supplément 1 pour les postes ne figurant pas dans les coûts bruts.
Coûts infrastructurels	Tous les coûts liés à la réalisation d'une mesure infrastructurelle (bien-fonds, ouvrage, planification et frais annexes). Terme équivalent à la « dépense d'investissement » du point de vue de l'économie des transports.
Coûts maximaux (O)	Limite supérieure du total des coûts.
Coûts minimaux (U)	Limite inférieure du total des coûts.
Coûts par élément	Valeurs pragmatiques relatives aux coûts unitaires, qui se réfèrent au premier ou au deuxième échelon du plan des coûts de construction (groupe principal ou groupe d'éléments : par ex. CHF par m de voie). Appliqué en règle générale aux études préliminaires.
Coûts unitaires ou valeurs référentielles	Valeurs pragmatiques générales relatives aux coûts unitaires (CHF par grandeur de référence), indépendamment de l'échelon du plan des coûts de construction auquel elles sont appliquées.

Écart-type (σ)	Terme de statistique : mesure de la dispersion d'une variable aléatoire autour de la valeur moyenne.
Espérance mathématique (E)	Valeur attendue du total des coûts (valeur la plus probable).
Estimation approximative des coûts	Procédé de détermination dans une étude sommaire, reposant sur l'addition des coûts de base et des suppléments spécifiques. Précision des coûts : +/- 50 %.
Estimation des coûts indicatifs	Procédé de détermination dans une étude préliminaire, reposant sur l'addition des coûts de base et des suppléments spécifiques. Précision des coûts : +/- 30 %.
Estimation globale	Procédé de détermination des coûts bruts à partir de réflexions faites par analogie à des objets comparables. Le procédé sert à fournir le premier ordre de grandeur provisoire des coûts ; il est aussi appliqué aux mesures infrastructurelles mineures peu complexes. Précision des coûts : +/- 50 %.
Etape d'aménagement (EA)	Paquet d'aménagement décidé par le Parlement et comprenant diverses mesures d'aménagement de l'infrastructure dans un cadre financier fixé définitivement.
FAG	Frais administratifs généraux du maître d'ouvrage
FAIF	Financement et aménagement de l'infrastructure ferroviaire
GI	Gestionnaire d'infrastructure
Indices des coûts	Résultat lors de la détermination du total des coûts. Il se compose de l'espérance mathématique et des coûts minimaux et maximaux.
Marge de variation des coûts	Intervalle entre deux valeurs limite qui définissent les coûts minimaux et maximaux. Pour les coûts et les coûts bruts, l'intervalle découle de l'indication de la précision des coûts et il est défini de manière à inclure 95 % des probabilités des coûts. Pour le total des coûts qui en résulte, l'intervalle est défini de manière à couvrir 80 % des probabilités des coûts.
Mesure infrastructurelle (ou projet)	Mesure délimitée, nécessaire dans le cadre d'un module d'extension de l'infrastructure.
Mise en œuvre	Processus (phase) au cours duquel les mesures infrastructurelles faisant partie d'un programme d'aménagement décidé sont portées aux stades « prêt à être exécuté » et « réalisation ».

Module	Contient une ou plusieurs améliorations de l'offre ainsi que l'infrastructure requise à cet effet.
NIBA	Procédure d'évaluation de projets ferroviaires sur la base d'indicateurs de durabilité (cf. guide OFT du 01.02.2006)
Objectif de coûts	Terme de la directive sur la mise en œuvre des aménagements d'infrastructure ferroviaire (OFT) : valeur concertée entre Confédération et maître d'ouvrage, qui tient compte des modifications jusqu'à la date indiquée (fait partie de la base de référence des coûts)
OFT	Office fédéral des transports
Petite mesure	Mesure supplémentaire indispensable dans un module, non comprise dans les mesures infrastructurelles définies.
Planification	Processus (phase) au cours duquel les mesures infrastructurelles potentielles sont déterminées, classées par ordre de priorité et rassemblées dans un programme d'aménagement prêt à faire l'objet d'un message.
Précision des coûts en « +/- % »	Indique les écarts de coût à tolérer par rapport aux coûts calculés. Prescrit aussi le degré de précision de l'évaluation des coûts.
Prévision des coûts finals	Mise à jour périodique des coûts finals présumés au cours de la réalisation d'un projet.
Prix unitaires	Valeurs pragmatiques relatives aux coûts unitaires, qui se réfèrent aux postes (normés) d'un catalogue de prestations (par ex. CAN : CHF par m ³ de béton). Appliqué en règle générale aux projets de construction.
PRODES	Programme de développement stratégique de l'infrastructure ferroviaire
Quantile	Terme de statistique : valeur non atteinte avec une probabilité de x %.
Risque	Dangers : produit issu de la probabilité d'occurrence d'un événement indésirable et de l'importance de ses conséquences. Chances : idem mais pour un événement souhaitable.
Suppléments 1, 2, 3	Suppléments de coûts établis dans le cadre de la méthodologie de calcul des coûts : S1 : supplément en pour-cent destiné à couvrir les postes ne figurant pas dans la quantité référentielle. S1% : facteur sans dimension.

S2 : supplément en francs destiné à couvrir les risques quantifiables.

S3 : supplément en pour-cent destiné à couvrir les risques non quantifiables. S3% : facteur sans dimension.

Variance

Terme de statistique : mesure de la dispersion d'une variable aléatoire. La variance mesure l'écart moyen au carré par rapport à la valeur moyenne et correspond à l'écart-type au carré.

Sources

- [1] OFT : directive « Mise en œuvre des aménagements de l'infrastructure ferroviaire » (RUBA), disponible sur le site Web de l'OFT
- [2] Loi du 20 décembre 1957 sur les chemins de fer (LCdF)
- [3] SIA, UPSR : SN 506 512 : Coûts de construction Génie civil eCCC-GC, CRB 2010

A1 Bases statistiques

Tous les paramètres de coût sont considérés comme des variables aléatoires descriptibles par une loi de probabilité (ou par une fonction de densité des probabilités).

En tant que considération auxiliaire, on admet que les variables aléatoires sont modélisables par la loi normale gaussienne. Au besoin, il est possible de simplifier par une distribution rectangulaire ou triangulaire.

Pour établir les indices de coûts, il faut présupposer que les coûts de base et les suppléments 2 et 3 sont indépendants.

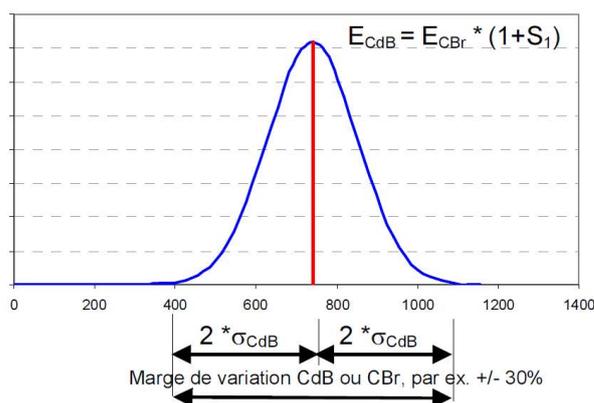
Variables aléatoires soumises à la loi normale gaussienne

La loi normale est caractérisée par deux paramètres statistiques, en règle générale par l'**espérance mathématique E ou μ** et l'**écart-type σ** (ou dispersion).

Dans la loi normale gaussienne, les événements se répartissent comme suit :

- 68 % dans l'intervalle $E \pm \sigma$
- 80 % dans l'intervalle $E \pm 1.3\sigma$
- 95 % dans l'intervalle $E \pm 2\sigma$

Le dernier cas indique donc que le quantile inférieur ($Q_{0.025}$) ne sera pas atteint avec une probabilité de 2,5 % et que le quantile supérieur ($Q_{0.975}$) sera dépassé avec une probabilité de 2,5 %.



Pour la marge de variation qui reflète la précision des coûts à $\pm X\%$, on admet qu'elle inclut 95 % de tous les coûts possibles. On en déduit le lien statistique selon lequel la marge de variation des variables aléatoires est égale à 4 fois l'écart-type σ .

Pour les risques / dangers, on admet que le quantile inférieur ($Q_{0.025}$) des variables aléatoires S_2 / S_3 correspond à la valeur 0 et que le quantile supérieur ($Q_{0.975}$) correspond à la valeur maximale respective de S_2 et S_3 . On admet exactement l'inverse pour les chances.

Commentaires complémentaires sur les paramètres et indices des coûts

L'espérance mathématique des coûts bruts est la même valeur que ce paramètre de coût, tandis que l'espérance mathématique des coûts de base se compose de ladite valeur plus les facteurs du supplément 1 et des FAG.

L'espérance mathématique des suppléments 2 et 3 se compose de la moitié de la valeur maximale du paramètre correspondant. Les caractéristiques statistiques de l'ensemble des coûts sont calculées comme décrit ci-après, partant de l'hypothèse que toutes les variables aléatoires sont indépendantes.

Les indices des coûts E, U et O s'obtiennent par superposition de tous les paramètres des coûts, compte tenu des règles de la théorie des probabilités :

- L'espérance mathématique (E) d'une mesure infrastructurelle est déterminée par addition des valeurs moyennes des coûts de base et des coûts additifs des risques (suppléments).
- L'écart-type du total des coûts est déterminé par l'addition des différentes variances (= écart-type au carré) puis par extraction de la racine carrée.
- Les valeurs maximale et minimale du total des coûts en application de la loi normale gaussienne sont fixées de sorte que la probabilité d'être dépassées ou de ne pas être atteintes est de 10 %. Il en résulte un rapport entre O et U situé entre 1,45 et 1,7 (pour une précision des coûts bruts / coûts de base de +/- 30 à +/- 50 %).

Cela signifie qu'il n'est pas exigé des applicateurs du présent guide d'estimer une probabilité. Celle-ci résulte implicitement des trois valeurs indiquées et du type de dispersion. La description d'un risque à l'aide de ces trois valeurs ressemble à la technique des scénarios usuelle dans la pratique. Cela étant, la densité des probabilités est calculée pour toutes les valeurs possibles entre le minimum et le maximum.

Constitution des coûts des modules et de l'étape d'aménagement

L'addition des dépenses d'investissement pour en constituer les coûts des modules et de l'étape d'aménagement suit les lois suivantes :

- Les espérances mathématiques et les valeurs moyennes des différents coûts sont le résultat d'une addition [3] :

$$E_{Module} = E_{MI1} + E_{MI2} + \dots + E_{MI_n} \quad MI = \text{mesure infrastructurelle}$$

$$E_{Paquet} = E_{M1} + E_{M2} + \dots + E_{M_n} \quad M = \text{module}$$

- Les variances des différents coûts sont également le résultat d'une addition (loi de l'addition des variances) [3] :

$$(\sigma_{Module})^2 = (\sigma_{MI1})^2 + (\sigma_{MI2})^2 + \dots + (\sigma_{MI_n})^2 \quad MI = \text{mesure infrastructurelle}$$

$$(\sigma_{Paquet})^2 = (\sigma_{M1})^2 + (\sigma_{M2})^2 + \dots + (\sigma_{M_n})^2 \quad M = \text{module}$$

d'où

$$\sigma_{Module} = \sqrt{(\sigma_{MI1})^2 + (\sigma_{MI2})^2 + \dots + (\sigma_{MI_n})^2}$$

$$\sigma_{Paquet} = \sqrt{(\sigma_{M1})^2 + (\sigma_{M2})^2 + \dots + (\sigma_{M_n})^2}$$

Les marges de variation des coûts des modules et de l'EA sont déterminées par les dispersions relatives, à condition de prendre en considération le même quantile inférieur et supérieur ($W_{\text{inf ou sup}} = 10\%$) :

$$U_{Module} = E_{Module} - 1.3 * \sigma_{Module} \quad \text{bzw.} \quad U_{Paquet} = E_{Paquet} - 1.3 * \sigma_{Paquet}$$

$$O_{Module} = E_{Module} + 1.3 * \sigma_{Module} \quad \text{bzw.} \quad O_{Paquet} = E_{Paquet} + 1.3 * \sigma_{Paquet}$$

Suivant la loi de l'addition des variances, plus l'on agrège de mesures infrastructurelles ou de modules dans une prise en considération, plus l'étalement relatif diminue.

A2 Exemple de présentation des résultats

Exemple de calcul pour une mesure infrastructurelle

Estimation des coûts indicatifs pour une étude préliminaire pour une mesure infrastructurelle ou par tronçon ou objet dans une structuration plus fine

précision des coûts

+/- 30%

Champs de saisie

évaluation des coûts			
paramètre de coûts		étapes de la procédure	coûts recensés
par ex. structure selon eCCC Génie civil			
A	terrain		100
L	travaux préparatoires du génie civil		45
L - T	coûts d'ouvrage	groupe principal / groupe d'élément	quantités référentielles x coûts par élément
V	coûts d'études du projet		honoraires: en % des coûts d'ouvrage, par ex. 15% FAG: 2% du coût d'ouvrage
W	frais secondaires		20
coûts bruts (CBr)			750
supplément1	pour les positions non recensées		10% de l'espérance mathématique CBr
coûts de base (CdB)			825

supplément 2 (risques quantifiables, cf. Chapitre 3.1)			
risque 1: intitulé	coûts max.	Calcul par analogie aux coûts de base	3
	espérance mathématique	moitié des coûts max.	
risque 2: intitulé	coûts max.	Calcul par analogie aux coûts de base	14
	espérance mathématique	moitié des coûts max.	
risque 3: intitulé	coûts max.	Calcul par analogie aux coûts de base	20
	espérance mathématique	moitié des coûts max.	
risque 4: intitulé	coûts max.	Calcul par analogie aux coûts de base	15
	espérance mathématique	moitié des coûts max.	
risque 5: intitulé	coûts max.	Calcul par analogie aux coûts de base	3
	espérance mathématique	moitié des coûts max.	
chance 6: intitulé	réduction max.	Calcul par analogie aux coûts de base	-10
	espérance mathématique	moitié de la réduction max.	

supplément 3 (risques non quantifiables, cf. Chapitre 3.1)			
adaptations de projet / petites modifications de commande	risque, par ex. faible	15% des coûts de base	123.8
complexité technique	risque, par ex. haut	15% des coûts de base	123.8
valeur totale			247.5
	espérance mathématique	moitié des coûts max.	

total de coûts de la mesure infrastructurelle (ou tronçon / objet)	espérance mathématique E	971.3
	valeur O max.	1'138.5
	valeur U min.	804.0

résultats intermédiaires								
espérance mathématique E	précision des coûts	valeur U min.	valeur O max.	W différence par rapport à U	W dépassement de O	marge de variation	écart-type	variance
[mio CHF]		[mio CHF]	[mio CHF]			[mio CHF]	[mio CHF]	

$E_{CBr} = 750.0$ +/- 30% 525.0 975.0 2.5% 2.5% 450.0 112.5 12'656

$E_{CdB} = 825.0$ 600.0 1'050.0 2.5% 2.5% 450.0 112.5 12'656

$E_{S2.1} = 1.5$ +/- 100% 0.0 3.0 2.5% 2.5% 3.0 0.8 0.6

$E_{S2.2} = 7$ +/- 100% 0.0 14.0 2.5% 2.5% 14.0 3.5 12.3

$E_{S2.3} = 10$ +/- 100% 0.0 20.0 2.5% 2.5% 20.0 5.0 25.0

$E_{S2.4} = 7.5$ +/- 100% 0.0 15.0 2.5% 2.5% 15.0 3.8 14.1

$E_{S2.5} = 1.5$ +/- 100% 0.0 3.0 2.5% 2.5% 3.0 0.8 0.6

$E_{S2.6} = -5$ +/- 100% -10.0 0.0 2.5% 2.5% 10.0 2.5 6.3

$E_{S3} = 123.8$ +/- 100% 0.0 247.5 2.5% 2.5% 247.5 61.9 3'829

$E_{tot} = 971.3$ 804.0 1'138.5 10.0% 10.0% 128.6 16'543

évaluation des coûts avec résultat

calculs en arrière-plan

Exemple de calcul pour les coûts modulaires

Regroupement des coûts de diverses mesures infrastructurelles en coûts modulaires

Intitulé de la mesure	Description	Précision des coûts de base	Espérance math. E_{MM} [Millions de francs]	Coûts valeur inférieure U_{MI} [Millions de francs]	Coûts valeur supérieure O_{MI} [Millions de francs]	Variation standard [Millions de francs]	Variance	Remarques
Partie A) Base estimations globales								
Mesure infrastructurelle 1	île à double voie de xy	+/-50%	26.1	19.2	33.0	5.28	27.88	
Mesure infrastructurelle 2	rectification de tronçon	+/-50%	40.5	30.1	50.9	8.00	64.00	
Mesure infrastructurelle 3	installations d'accueil des voyageurs	+/-50%	9.1	6.7	11.5	1.85	3.42	
Mesure infrastructurelle 4	installation de garage	+/-50%	7.8	5.7	9.9	1.60	2.56	
Total Partie A			83.5					
Partie B) Base études conceptuelle / études préliminaires								
Mesure infrastructurelle 1	île à double voie de yy (étude conceptuelle)	+/-50%	73.6	54.4	92.8	14.75	217.56	
Mesure infrastructurelle 2	île à double voie de zz (étude préliminaire)	+/-30%	45.0	37.4	52.6	5.87	34.46	
Mesure infrastructurelle 3	installations d'accueil des voyageurs (étude préliminaire)	+/-30%	13.7	11.4	16.0	1.75	3.06	
Mesure infrastructurelle 4	exemple de calcul mesure infrastructurelle (étude préliminaire)	+/-30%	971.3	804.0	1138.5	128.62	16'543.45	cf. tableau Ex. de mesure infrastructurelle
Total Partie B			1103.6					
Partie C) montants des coûts								
Petites mesures dans le périmètre d'étude (PE)		+/-50%	1.3	1.0	1.6	0.26	0.07	
Mesures dans le périmètre d'influence (PI)		+/-50%	19.0	13.9	24.1	3.95	15.60	
Total Partie C			20.3					
Regroupement Parties A + B + C			1207.4	1038.3	1376.4	130.05	16912.07	

Masques de saisie

Masques de saisie: reporter/relier les valeurs issues des tableaux de résultats des mesures infrastructurelles

Total des coûts du module	Coûts valeur inférieure U_{mc}	1'038
	Espérance math. E_{module}	1'207
	Coûts valeur supérieure O_n	1'376

A3 Exemple de calcul par étapes

Commentaire des étapes au chap. 4 à l'aide de l'exemple en annexe A2 :

Exemple de calcul pour une mesure infrastructurelle

Estimation des coûts indicatifs pour une étude d'objet pour une mesure infrastructurelle ou par section ou objet dans une structuration plus fine

Precision des coûts +/- 30%

- Saisie
- calculé ou à reporter
- résultat intermédiaire
- résultat intermédiaire, additionné pour déterminer le total des coûts

Phase 1: Calcul de coûts bruts (cf. Chapitre 4.1)

évaluation des coûts			coûts recensés
paramètre de coûts			[mio CHF]
par ex. structure selon eCOC Génie civil			
A	terrain		100
L	travaux préparatoires du génie civil		45
L-T	coûts d'ouvrage	groupe principal	500
		groupes d'éléments	75
V	coûts d'études du projet		10
		honoraires: en % des coûts d'ouvrage, par ex. 15%	
		FAG: 2% du coût d'ouvrage	
W	fraîs secondaires		20
coûts bruts (CBR)			750

La précision des coûts s'élève à +/- 30% dans l'exemple.

Phase 2: Calculer l'espérance mathématique et la marge de variation des coûts bruts (cf. Chapitre 4.2.1)

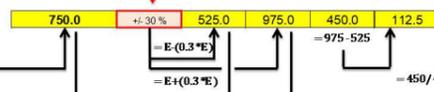
évaluation des coûts			coûts recensés
paramètre de coûts			[mio CHF]
par ex. structure selon eCOC Génie civil			
A	terrain		100
L	travaux préparatoires du génie civil		45
L-T	coûts d'ouvrage	groupe principal	500
		groupes d'éléments	75
V	coûts d'études du projet		10
		honoraires: en % des coûts d'ouvrage, par ex. 15%	
		FAG: 2% du coût d'ouvrage	
W	fraîs secondaires		20
coûts bruts (CBR)			750

résultats intermédiaires					
E	précision des	valeur U	valeur O	marge de	écart-type σ
espérance	coûts	min.	max.	variation	
mathématique		[mio CHF]	[mio CHF]	[mio CHF]	[mio CHF]
[mio CHF]					
750.0	+/- 30%	525.0	975.0	450.0	112.5

La somme des coûts recensés correspond à E des coûts bruts. U, O et la marge de variation des coûts bruts se calculent à partir de E et de la précision des coûts. La marge de variation permet d'estimer l'écart-type σ.

Phase 3: Calcul de coûts de base avec l'espérance mathématique et la marge de variation (cf. Chapitre 4.2.2)

supplément 1	pour les positions non recensées	10%	de l'espérance mathématique des CBr	75
coûts de base (CdB)				825



Le supplément 1 est déterminé à partir de E des coûts bruts. Dans l'exemple, le supplément s'élève à 10%. Du fait de l'addition de ce supplément 1, E, O, U augmentent de la valeur de ce supplément. La marge de variation et l'écart type σ ne changent pas. L'écart-type σ permet de calculer la variance. E et la variance sont additionnées.

Phase 4: Calcul des coûts maxima / réduction des coûts pour les suppléments 2 (cf. Chapitre 4.2.3)

supplément 2 (risques quantifiables)			
risque 1	coûts max.	Calcul par analogie aux coûts de base	3
risque 2	coûts max.	Calcul par analogie aux coûts de base	14
risque 3	coûts max.	Calcul par analogie aux coûts de base	20
risque 4	coûts max.	Calcul par analogie aux coûts de base	15
risque 5	coûts max.	Calcul par analogie aux coûts de base	3
chance 6	réduction des coûts max.	Calcul par analogie aux coûts de base	-10

Inscrire les maxima des coûts pour chaque chance et risque.

Phase 5: Calculer l'espérance mathématique et la marge de variation des suppléments 2 (cf. Chapitre 4.2.3)

supplément 2 (risques quantifiables)			
risque 1	coûts max.	Calcul par analogie aux coûts de base	3
	espérance mathématique	moitié des coûts max.	1.5
risque 2	coûts max.	Calcul par analogie aux coûts de base	14
	espérance mathématique	moitié des coûts max.	7
risque 3	coûts max.	Calcul par analogie aux coûts de base	20
	espérance mathématique	moitié des coûts max.	10
risque 4	coûts max.	Calcul par analogie aux coûts de base	15
	espérance mathématique	moitié des coûts max.	7.5
risque 5	coûts max.	Calcul par analogie aux coûts de base	3
	espérance mathématique	moitié des coûts max.	1.5
chance 6	réduction des coûts max.	Calcul par analogie aux coûts de base	-10
	espérance mathématique	moitié de la réduction max.	-5

E des chances et des risques résultent de U et O, soit U = 0 pour les risques et O = 0 pour les chances. La précision des coûts de +/-100% permet de calculer la marge de variation et l'écart-type σ. L'écart standard σ permet de calculer la variance. E et la variance sont additionnées.

Phase 6: Calculer les coûts-risques maxima du supplément 3 (cf. Chapitre 4.2.4)

supplément 3 (risques non quantifiables)			
adaptations de projet / petites modifications de commande	risques par ex. faible	15%	15% de coûts de départ
complexité technique	risques par ex. haut	15%	15% de coûts de départ
valeur totale			123.8
			123.8
			247.5

Inscrire les risques maxima estimés conformément à la sélection dans les tableaux 3 à 5 du guide. La valeur totale du supplément 3 s'obtient par addition des valeurs partielles.

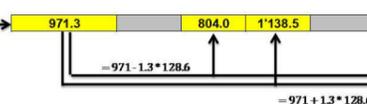
Phase 7: Calculer l'espérance mathématique et la marge de variation du supplément 3 (cf. Chapitre 4.2.4)

supplément 3 (risques non quantifiables)			
adaptations de projet / petites modifications de commande	risques par ex. faible	15%	de coûts de départ
complexité technique	risques par ex. haut	15%	de coûts de départ
valeur totale			123.8
			123.8
			247.5
Erwartungswert			123.8
			247.5
			61.9
			3'829

E résulte de U et O, U étant = 0. La précision des coûts de +/-100% permet de calculer la marge de variation et l'écart-type σ. L'écart-type σ permet de calculer la variance. E et la variance sont additionnées.

Phase 8: Calculer l'espérance mathématique et la marge de variation du total des coûts (cf. Chapitre 4.2.5)

total des coûts de la mesure infrastructurelle (ou section / objet)			
			971.3
			804.0
			1'138.5
			128.6
			16'543



L'addition permet d'obtenir E et la variance du coût total. L'écart-type σ du coût total résulte de la variance. U et O du coût total résultent de E et de l'écart-type σ.

A4 Structuration des coûts selon la norme SN 506 512 eCCC

eCCC-GC		
Groupes principaux	Groupes d'éléments	
A terrain	droit de superficie, frais accessoires à l'acquisition de terrains	
L travaux préparatoires du génie civil	analyses, relevés, mesurages installations de chantier aménagements provisoires déconstruction de bâtiments et d'ouvrages, élimination remises en état, réparations échafaudages	
Coût de l'ouvrage	M terrassements, travaux spéciaux du génie civil	déplacements de terre construction de conduites sans tranchée sites contaminés protections de fouilles amélioration du sol de fondation stabilisations, consolidations aménagement paysagers
	N constructions souterraines	avancement en travaux souterrains soutènements souterrains gestion des matériaux en constructions souterraines soutènements et revêtements en constructions souterraines aménagements intérieurs de constructions souterraines
	O Gros-œuvre d'ouvrages d'art	fondations murs, piliers dalles, poutres infrastructures de ponts superstructure de ponts appuis, joints de chaussée éléments spéciaux éléments complémentaires d'ouvrages d'art
	P enveloppes, aménagements	surfaces extérieures surfaces intérieures ouvertures, équipements éléments complémentaires aux aménagements
	Q conduites	évacuation des eaux, canalisations alimentation en eau alimentation en gaz approvisionnement par chauffage à distance batteries de tubes, canaux à câbles installations de transport par conduites

eCCC-GC	
Groupes principaux	Groupes d'éléments
Coût de l' ouvrage	R chaussées, voies ferrées superstructure de route marquages, signaux voies ferrées lignes de contact postes d'aiguillage-installations extérieures constructions complémentaires pour la chaussée
	S installations servant à l'exploitation et à la sécurité alimentation électrique éclairages régulation de la circulation installations de ventilation et de conditionnement d'air installations d'automatisation, de guidage et de télécom installations de sécurité protection contre l'incendie
	T équipements systèmes de retenue équipements, mobilier installations de chauffage et de réfrigération installations de distribution d'eau, eau, gaz, air comprimé installations de transport œuvres d'art
V études du projet	concepteurs entrepreneurs mandataire
W frais secondaires	autorisation, taxes assurances, garanties coûts financiers restaurations, relations publiques, indemnisations mise en service location, vente résultats d'exploitation
Y provisions, renchérissement	imprévus renchérissement
Z TVA	taxe sur la valeur ajoutée

A5 Structuration des coûts selon les CFF

Structuration des coûts CFF	
Groupes principaux	Groupes d'éléments
Génie civil	Plates-formes ponts tunnels murs de soutènement
Technique ferroviaire	voie caténaire câbles installations électriques télécom
Postes d'enclenchement, contrôle-commande	postes d'enclenchement installations de sécurité commande centralisée
Installations d'accueil	quais marquises accès
Bâtiments	bâtiments de service et d'accueil
Fais annexes	honoraires préparatifs du chantier, sécurité au travail frais d'exploitation
Terrains et droits	

A6 Technique des scénarios afin de prendre en compte les risques (chances / dangers)

Application lors de la prévision des coûts finals

Etape 1 : examen des surcoûts / économies issus de la variation des chances et des dangers

- Les chances / dangers à prendre en considération doivent être présentés par une arborescence
- Pour chaque chance et chaque danger, 2 cas sont envisageables : l'événement se produit ou non (somme des probabilités = 1)
- Si l'événement se produit, le danger entraîne les surcoûts devisés (ou les économies en cas de chance)
- Les scénarios ne doivent pas s'influencer réciproquement ; ils doivent être considérés comme indépendants
- Il n'est pas possible de calculer à la main un grand nombre de variations possibles. Il faut utiliser un instrument informatique
→ cf. exemple de solution par banque de données MS-Access
«AggregationRisiken.mdb» (annexe A7).

Etape 2 : superposition des surcoûts/économies et de la prévision des coûts finals

L'étape 1 aboutit à un graphique présentant les surcoûts/économies cumulés, c'est-à-dire que l'on peut en déduire les probabilités que certains surcoûts/économies ne seront pas atteints.

Exemple simplifié pour l'étape 1 avec 4 scénarios indépendants

Règles pour les calculs

$$p_{tot} = p_1 * p_2 * p_3 * p_4$$

(scénarios indépendants)

$$K_{tot} = K_1 + K_2 + K_3 + K_4$$

Exemple de calcul

$$0.126 = 0.3 * 0.4 * 0.7 * 0.15$$

$$20 = 20 + 30 + 5 - 35 \text{ [mio. Fr.]}$$

Scénarios de coûts				Probabilité totale P_{tot}	Total surcoûts / économies C_{tot}	N° combinaison scénario
Modification de commande OFT	Retards dus à des recours des entreprises	Modification de projet due à un approfondissement des planifications	Prix unitaires stables			
			15% -35	0.0126	20	1
		70% 5	85% 0	0.0714	55	2
		30% 0	15% -35	0.0054	15	3
			85% 0	0.0306	50	4
	40% 30		15% -35	0.0189	-10	5
		70% 5	85% 0	0.1071	25	6
		30% 0	15% -35	0.0081	-15	7
			85% 0	0.0459	20	8
	60% 0		15% -35	0.0294	0	9
		70% 5	85% 0	0.1666	35	10
		30% 0	15% -35	0.0126	-5	11
			85% 0	0.0714	30	12
	70% 0		15% -35	0.0441	-30	13
		70% 5	85% 0	0.2499	5	14
		30% 0	15% -35	0.0189	-35	15
			85% 0	0.1071	0	16

Exemple simplifié pour l'étape 1 avec 4 scénarios indépendants : résultat

N° combinaison scénario	Occurrence des scénarios de coûts				Probabilité totale P_{tot}	Total surcoûts / économies C_{tot} [mio. Fr.]	Probabilité de coûts inférieurs
	Modification de commande OFT	Retards dus à des recours des entreprises	Modification de projet due à un approfondissement des planifications	Prix unitaires stables			
15	non	non	non	oui	0.0189	-35	0.0189
13	non	non	oui	oui	0.0441	-30	0.0630
7	oui	non	non	oui	0.0081	-15	0.0711
5	oui	non	oui	oui	0.0189	-10	0.0900
11	non	oui	non	oui	0.0126	-5	0.1026
9	non	oui	oui	oui	0.0294	0	0.1320
16	non	non	non	non	0.1071	0	0.2391
14	non	non	oui	non	0.2499	5	0.4890
3	oui	oui	non	oui	0.0054	15	0.4944
1	oui	oui	oui	oui	0.0126	20	0.5070
8	oui	non	non	non	0.0459	20	0.5529
6	oui	non	oui	non	0.1071	25	0.6600
12	non	oui	non	non	0.0714	30	0.7314
10	non	oui	oui	non	0.1666	35	0.8980
4	oui	oui	non	non	0.0306	50	0.9286
2	oui	oui	oui	non	0.0714	55	1.0000

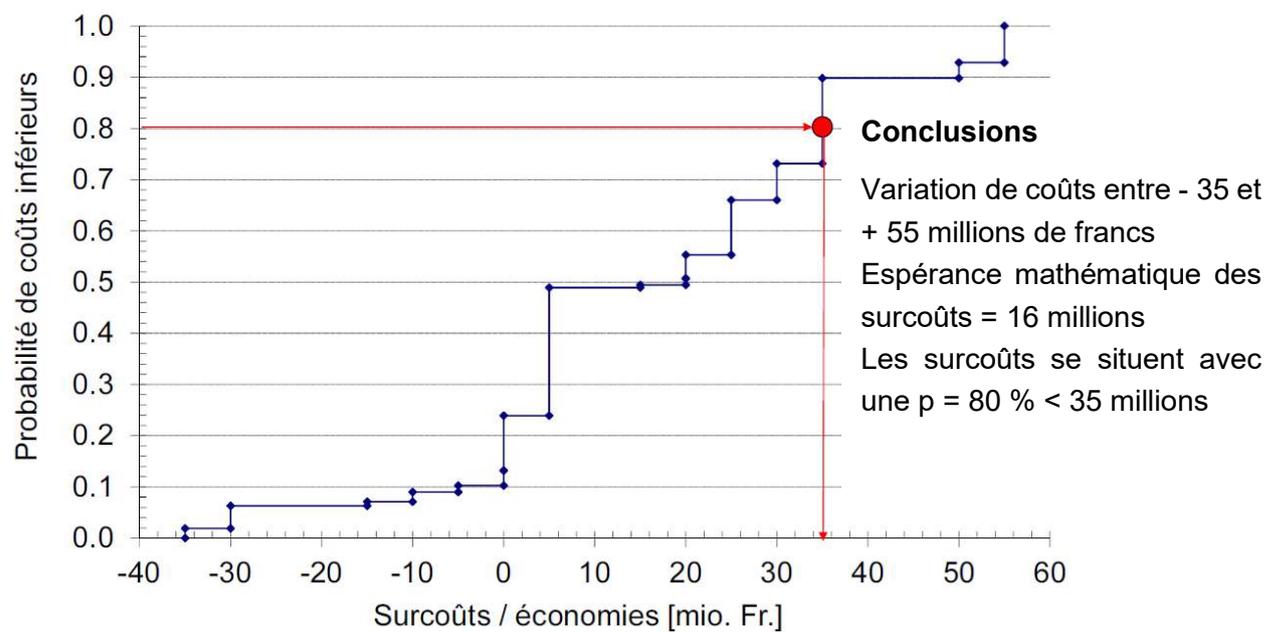
Les scénarios doivent être classés dans l'ordre ascendant de surcoûts/économies K_{tot}

Les probabilités doivent être sommées
 → Probabilité de coûts inférieurs

Exemple de calcul :

$$p(K_{tot} \leq -15) = 0.0189 + 0.441 + 0.0081 = 0.0711$$

Exemple simplifié pour l'étape 1 avec 4 scénarios indépendants : Représentation graphique des surcoûts/économies cumulés



A7 Banque de données Access afin de déterminer les risques à l'aide de scénarios

La documentation pour le calcul des risques de surcoûts basée sur une solution MS-Access peut être obtenue gratuitement auprès de l'entreprise EBP Schweiz AG, Mühlebachstrasse 9, 8032 Zurich (info@ebp.ch).

A8 Documentation relative aux coûts – exigences

Contenu et structuration de la documentation

1. Feuille de couverture

Indications
<ul style="list-style-type: none"> ▪ N° du module ▪ Désignation du projet / de la mesure infrastructurelle et de l'étape d'aménagement ▪ Instance requérante <ul style="list-style-type: none"> - Organisation - Collaborateur en charge - Adresse électronique (mail) et téléphone ▪ Auteur du projet <ul style="list-style-type: none"> - Maître d'ouvrage ou bureau d'ingénieurs mandaté

2. Feuille d'information (fact-sheet)

Description
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Situation initiale ▪ Projet / mesure infrastructurelle ▪ Coûts avec espérance mathématique E et marge de variation O/U, indication de la base des prix ▪ Calendrier avec indication de la durée de planification et de construction

3. Fiche de données de l'objet

Contenu / indications	Indications complémentaires
Désignation de la mesure infrastructurelle	
Version	
Phase de planification / base du projet	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Planification stratégique ▪ Étude préliminaire ▪
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Description succincte de l'extension de l'offre ▪ Description succincte de la mesure infrastructurelle ▪ Périmètre ▪ Quantité référentielle ▪ Hypothèses admises 	

<p>Estimation des coûts</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Base de prix ▪ Précision des coûts de base ▪ Espérance mathématique E ▪ Marge de variation O/U 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Planification stratégique : +/- 50 % ▪ Étude préliminaire : +/- 30 %
<p>Descriptif et quantification des suppléments :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Supplément 1 Coûts non saisis ▪ Supplément 2 Risques quantifiables <ul style="list-style-type: none"> - risque 1 - risque 2 - risque ... ▪ Supplément 3 Risques non quantifiables : Σ du supplément 3 	<p>Montants maximaux des chances / dangers</p> <p>Estimation des risques partiels selon les tableaux 5 et 6 du guide :</p> <ul style="list-style-type: none"> - adaptations de projet et modifications légères de la commande - complexité technique
<p>Remarques / indications sur la délimitation des coûts</p>	<ul style="list-style-type: none"> - délimitations par rapport aux autres mesures infrastructurelles - délimitations par rapport aux autres programmes d'aménagement
<p>Plans afférents</p>	

4. Base des coûts

Contenu / indications	Indications complémentaires
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Détermination des coûts bruts avec indication de la quantité référentielle et des valeurs référentielles ▪ Détermination et agrégation du total des coûts sur la base des paramètres de coût : <ul style="list-style-type: none"> - Coûts bruts - Supplément 1 - Suppléments pour risques 2 et 3 <p>Cf. présentation des résultats dans le guide, Annexe A2</p>	<p>Pour les grands projets, il est recommandé de structurer la mesure infrastructurelle en plusieurs sections / objets et de déterminer les coûts séparément selon les caractéristiques des sections (type d'ouvrages, méthode de construction, complexité technique). Cette approche permet notamment de graduer par section les suppléments pour risques.</p>

5. Plans (annexes)

Contenu / indications	Indications complémentaires
▪ Situation	En règle générale à l'échelle 1:1000 Indication des nouvelles voies en rouge

A9 Indications sur l'estimation de la complexité d'un projet pour les suppléments S1 et S3

Les circonstances suivantes peuvent augmenter considérablement la complexité d'un projet et doivent donc faire l'objet d'une attention particulière lors de la fixation du montant des suppléments :

- Construction en milieu urbain
- Construction en cours d'exploitation / phases de construction
- Construction d'ouvrages de désenchevêtrement
- Construction de tunnels avec défis géologiques
- Forte concentration de diverses fonctionnalités au même endroit
- Projet avec remplacement de poste d'enclenchement (équipement ETCS L2)