



Preneurs de licence

Balfour Beatty Rail Power GmbH, Offenbach

Deutsche Bahn AG, NPZ NL Ost, Berlin

Alstom Transport, Systems, Mass Transit, Rueil-Malmaison Paris, France

3rd Design Institute Ministry of Railway PR China, Tianjin

selon configurations spécifiques

ELBAS Elektrische Bahnsysteme Ingenieur-Gesellschaft mbH

Organisation d'expertise dans le domaine des installations électriques, certifiée par l'Office Fédéral des Chemins de Fer Allemands (EBA)

Siège social à Dresde Postfach 10 09 44 01079 Dresden - Allemagne Téléphone: +49 3 51 8 29 92-0 Télécopie: +49 3 518 29 92-45 e-Mail: mail@elbas.de Internet: http://www.elbas.de

Auteurs: Prof. Dr.-Ing. habil. G. Hofmann Dr.-Ing. Alexandre Kontcha Dr.-Ing. Steffen Röhlig

Version: 2003-04



Partenaire pour la France:



WEBANET pour configurer le matériel roulant.

Préparation des données

ELBAS-WEBANET-EDITOR, l'éditeur du programme, permet d'entrer, d'organiser et de modifier les données initiales pour les calculs de simulation. Les données sont entrées suivant des conditions réelles d'exploitation. Les distances et caractères originaux peuvent être conservés.

Processus de calcul

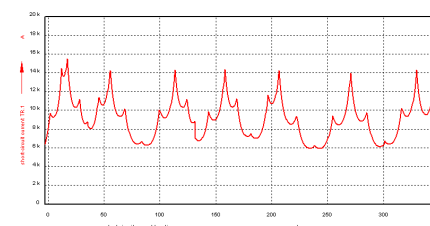
Les données mises à disposition du programme sont traitées dans un premier temps selon les besoins du modèle de simulation. La simulation proprement dite s'effectue par étapes successives, simultanément et en parallèle pour d'une part l'exploitation des trains et de l'autre les calculs du réseau électrique. Les résultats mécaniques et électriques sont disponibles en fonction du temps et du lieu. Des modules complémentaires permettent le calcul des radiations électromagnétiques autour des trains et autour des lignes de transmission d'énergie (champs de force électromagnétique fonction du temps et du lieu). Des modules spécialisés de calcul des réseaux, sans la simulation de la traction, sont utilisés pour le calcul des courants de court-circuit et diverses applications théoriques.

Résultats

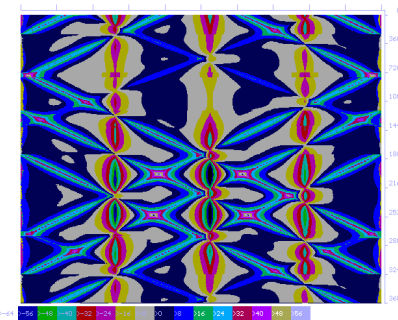
- Véhicules moteurs (état, force de traction, de freinage, vitesse, distance, tension au pantographe, courant, puissance),
- Sous-stations (courant total, tension aux bornes de sortie, puissance apparente, active et réactive, courants de connexion aux sous-stations, pertes d'énergie),
- Connecteurs (courants, puissance des pertes),
- Caténaire (tension minimum, courant maximum),
- Tension, courants par conducteur pris individuellement, en fonction du temps et du lieu,
- Pour l'ensemble du réseau : bilan de énergétique, pertes dans la transmission de l'énergie, consommation d'énergie spécifique à chaque constituant du réseau,
- Autotransformateurs et boosters (courant dans les enroulements),
- Avec l'aide d'un programme complémentaire, calcul des valeurs de champ magnétique et de tension induite dans chaque section de ligne, effectué en fonction du temps,
- Les facteurs d'asymétrie des courants et des tensions, fonction du temps pour chaque section de ligne.

Les graphiques peuvent être présentés et analysés avec ELBAS-GRAPH. L'évaluation statistique des valeurs moyennes, effectives, de pointe et les valeurs limites est enregistrée dans un fichier texte.

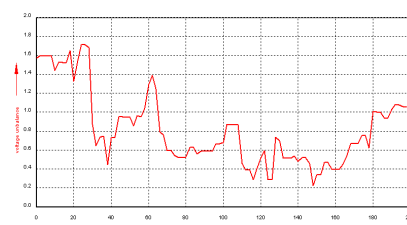
Exemples de résultats



Courant théorique de court-circuit en fonction de l'espace



Tension rail-sol en fonction du temps et du lieu



Asymétrie de la tension en fonction du temps

Prestations de service

- Planification de la conception et du dimensionnement des installations électriques des systèmes d'alimentation en énergie des chemins de fer.
- Etude des conditions de fonctionnement du réseau électrique des lignes de chemin de fer existantes, nouvelles, à remettre à niveau et des lignes à grande vitesse.
- Calcul des interférences lors de la mise en œuvre d'installations de compensation afin de réduire les interférences électromagnétiques dans les chemins de fer à courant alternatif.
- Calcul des interférences apparaissant sur les harmoniques de la ligne aérienne.
- Adaptations spécifiques du logiciel à la demande des utilisateurs.
- Transfert de licences/formation utilisateurs, autorités organisatrices et industrie ferroviaire.

Contact

TDE, Transdata M. J-M Delétang Téléphone + 33 2 47 27 41 40 eMail: info@tde-transdata.com

ELBAS TOOLS

Informations techniques concernant les logiciels spécialisés de ELBAS Sarl N° 2

ELBAS-WEBANET

Traction ferroviaire à courant alternatif: logiciel intégré de simulation de la marche des trains et de calcul du réseau électrique.



distribution des tensions et des courants.

ELBAS-WEBANET est bien adapté au calcul des réseaux maillés des systèmes ferroviaires à courant alternatif et aux fréquences et tensions que l'on y rencontre. Les systèmes multivoltages asymétriques à auto-transformateur et circuits de compensation à transformateur-survolteur sont pris en compte.

ELBAS-WEBANET-CEC

(Complete Electromagnetic Coupling ou Couplage Electromagnétique Total) est un module spécial d'extension du programme venant à la suite et nécessitant l'application de ELBAS-WEBANET. Le module CEC va servir à calculer la distribution des champs électromagnétiques dans les réseaux d'alimentation en énergie de traction à courant alternatif. Il décrit le spectre électromagnétique entre tous les conducteurs. Il suppose l'application des méthodes de calcul du réseau électrique qui se basent sur la théorie multi-polaire.

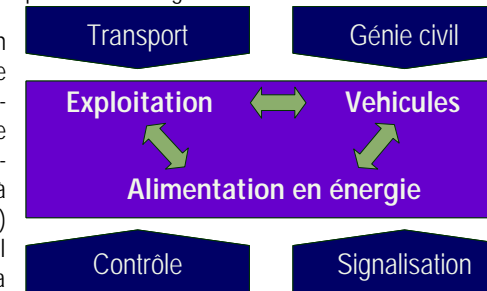
Toutes les configurations de caténaires rencontrées dans les systèmes d'alimentation en énergie des chemins de fer à courant alternatif peuvent être modélisées grâce à la reproduction exacte des conducteurs individuels avec leurs résistances, réactances, les shunts et leurs réactances et admittances par unité de longueur.

Application

ELBAS-WEBANET est un logiciel de simulation pour le calcul des relations entre les grandeurs électriques en fonction dans les réseaux d'alimentation en énergie des systèmes ferroviaires à courant alternatif. Il combine des méthodes de simulation numérique de la traction ferroviaire avec la technique des nœuds pour le calcul des réseaux électriques.

La simulation numérique de la traction ferroviaire permet la modélisation des modes de marche de tous les types de trains, aussi bien les trains classiques que les trains à grande vitesse. Sur la base des modèles de puissance retenus, les véhicules de traction sont définis avec ou sans possibilité de régénérer l'énergie au freinage. Le résultat au niveau de la tension dans le réseau des lignes aériennes est pris en compte itérativement, à chaque pas du calcul.

La description du réseau, sans aucune limitation dans sa complexité, permet la modélisation de toutes les configurations possibles d'alimentation, des sections de réseau, des couplages de ligne de contact ainsi que de leurs diverses combinaisons. Les impédances calculées grâce à l'aide d'ELBAS-IMAFEB (voir ElbasTools n°4) représentent le réseau des caténaires dans lequel s'effectue le calcul des flux d'énergie ainsi que la



Logiciels spécifiques développés par ELBAS

Logiciels de calcul et simulation des réseaux électriques ferroviaires :

- **ELBAS-SINANET®** (Simulation de fonctionnement et calcul de réseaux électriques pour les systèmes de traction à courant continu)
 - **ELBAS-WEBANET** (Simulation de fonctionnement et calcul de réseaux électriques pour les systèmes de traction à courant alternatif)
 - **ELBAS-IMAFEB/ELEFEB** (Calcul des impédances et des champs électromagnétiques et électrostatiques)
- Ces programmes sont opérationnels sous différentes configurations.
- Ils contrôlent et optimisent les installations existantes.
 - Ils déterminent les nouveaux projets de construction ferroviaire.

Une attention particulière est donnée à la prise en compte de l'ensemble du système de "traction électrique". De plus, des programmes de calculs spécifiques sont capables de dimensionner les réseaux de transmission d'énergie ainsi que de conceptualiser les chaînes de traction électrique des équipements des véhicules ferroviaires.

ELBAS-SUITE intègre ces différents programmes.

Informations sur ELBAS-TOOLS:

N° 1 ELBAS-SINANET®

N° 2 ELBAS-WEBANET

N° 3 Conception de véhicules

N° 4 ELBAS-IMAFEB/ELEFEB

N° 5 Stockage de l'énergie



Publications

■ **Röhlig, S.**: Description et calculs de la charge de traction dans les installations ferroviaires courant continu sur courtes distances
Thèse de doctorat

Faculté d'Electrotechnique, des Télécommunications et des Automatismes, Haute Ecole pour la Technique et l'Economie, Dresde, 1992

■ **Hofmann, G.; Röhlig, S.**: Modélisation orientée objet des systèmes ferroviaires. dans: Elektrische Bahnen 93 (1995), H. 3, pages 73-78

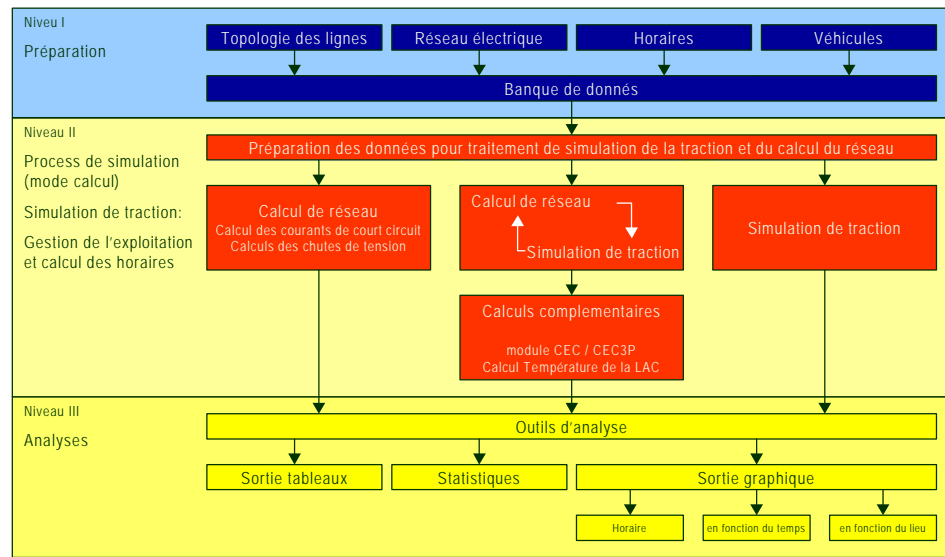
■ **Ciebow, G., Hofmann, G.**: Modélisation de la caractéristique de traction en fonction de la tension pour le dimensionnement des systèmes d'alimentation en énergie dans: Elektrische Bahnen 48 (1994), H. 11/12, pages 415-419

■ **Hofmann, G., Lösel, T., Röhlig, S.**: Systèmes de simulation pour le dimensionnement des systèmes de traction au niveau des véhicules et de leurs composants dans: VDI-Berichte 1219 (1995)

■ **Hofmann, G.; Kontcha, A.**: Calcul des systèmes ferroviaires à courant alternatif en liaison avec les couplages électromagnétiques dans: Elektrische Bahnen 95 (1997), H. 10, pages 263-271

■ **Hofmann, G.; Lösel, T.**: Contrôle de la puissance réactive d'un moteur courant alternatif pour ajustage de la tension ligne dans: Elektrische Bahnen 95 (1997), H.9, pages 239-243

suite page suivante



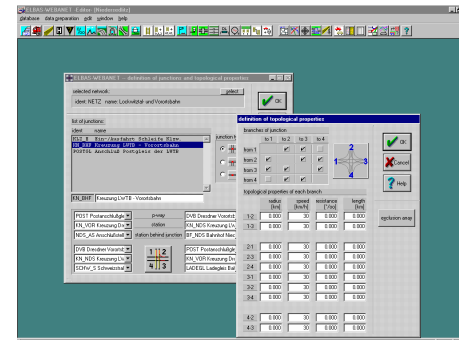
Le programme **CEC** fonctionne sur la base des résultats de **ELBAS-WEBANET** et simule à chaque étape le fonctionnement du système d'alimentation en énergie de traction en utilisant les valeurs des puissances consommées ou fournies par les véhicules moteurs.

ELBAS-WEBANET-CEC3P, un autre module en extension du premier, effectue le calcul des lignes aériennes triphasées qui alimentent les chemins de fer à courant monophasé. Pour les lignes d'alimentation haute tension triphasée, au fonctionnement bien souvent asymétrique, la simulation s'effectue à chaque instant sur la base de la puissance des sous-stations calculée par **ELBAS-WEBANET**, une puissance fournie par le réseau triphasé.

Domaine d'utilisation

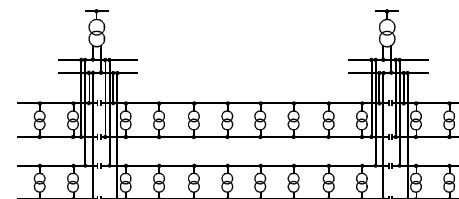
- Détermination des relations entre les charges du réseau d'alimentation en énergie.
- Estimation des effets d'une configuration particulière du réseau, d'un dérèglement de ce dernier ou de l'utilisation d'un type particulier de véhicule sur la charge des sous-stations et des caténaires, la stabilité de la tension et les pertes de puissances.
- Dimensionnement de nouvelles installations d'alimentation en énergie électrique, calculs de contrôle et optimisation des installations existantes.
- Calcul de l'horaire graphique avec simulation de l'exploitation et détermination des besoins nécessaires en énergie.
- Calcul du courant de court-circuit et des chutes de tensions.
- Calcul et analyse des interférences pour déterminer la compatibilité électromagnétique des systèmes de transport ferroviaire et des câbles disposés en parallèle. Analyse des phénomènes oscillatoires et des harmoniques d'ordre supérieur.
- Evaluation des conditions de sécurité électrique dans les zones ferroviaires.
- Evaluation des effets des charges ferroviaires

Recueil des données

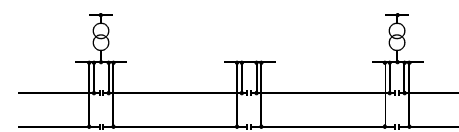


Copie écran du programme ELBAS-WEBANET-EDITOR

Exemples de types de circuits possibles



Système multi-voltage, 2 · 25 kV 50 Hz (Système autotransformateur - AT-System)

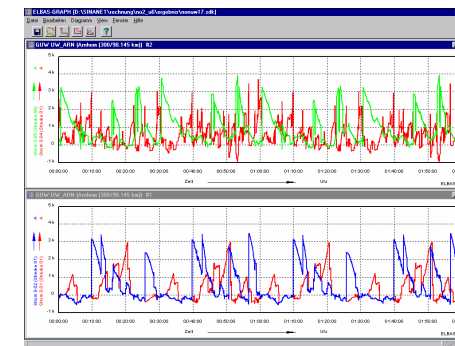


Alimentation en énergie 1 AC 15 kV 16,7 Hz

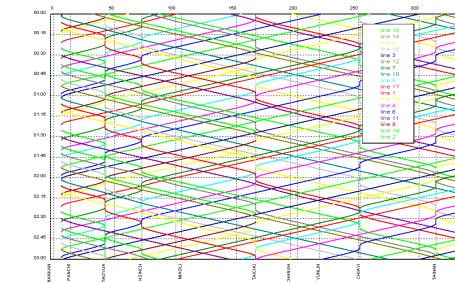
Autres circuits possibles :

- Système multi-voltage asymétrique, 25/35 kV 50 Hz, 15/30 kV 16,7 Hz
- Système à Booster (BT-System)
- Systèmes AT-BT combinés

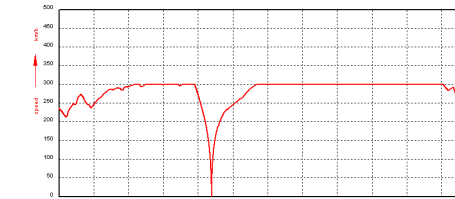
Exemples de résultats



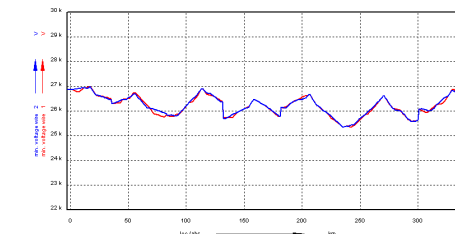
Copie d'écran du programme ELBAS-GRAPH



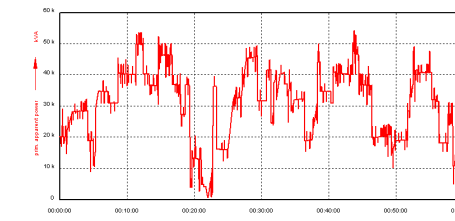
Horaire graphique résultant d'une simulation de traction et du



Graphique du profil de la vitesse (en fonction du temps) d'un



Tension minimum au caténaire résultant de tous les trains programmés comme fonction du lieu



Puissance apparente de la sous-station en fonction du temps pour traction à grande vitesse

monophasées sur la qualité de l'énergie dans les réseaux triphasés d'alimentation.

Données initiales

Données topologiques

- Caractéristiques de la voie (kilométrage, gradients, rayons de courbure)
- Topologie, maillage des lignes
- Lignes à grande vitesse et limitations de vitesse
- Position des sections en tunnel et des sections à voie unique
- Installations de signalisation

Données réseau électrique

- Sous-station (tension en marche à vide, impédances du transformateur)
- Caténaires, feeder de ligne, conducteurs d'alimentation (impédances par unités de longueur)
- Connexion des sous-stations (point d'alimentation, impédances et longueurs des câbles)
- Points de couplage
- Equipotentielles de ligne aérienne
- Point de sectionnement
- Point d'alimentation
- Condensateurs en série / parallèle
- Caractéristiques des autotransformateurs
- Caractéristiques des transformateur-survolteurs
- Configurations géométriques et propriétés du conducteur
- Fils de liaison de la suspension porteuse, des chainettes, des équipotentielles de rail et de voie
- Définition de la ligne de transmission d'énergie triphasée, sa longueur
- Section des lignes électriques, croisements
- Sources d'énergie, tension à vide, impédances du transformateur, impédance de terre pour les lignes de transmission triphasée
- Type de connexion des sous-stations à la ligne haute tension triphasée
- Charges continues avec consommation d'énergie et impédances de terre

Données horaires de l'exploitation

- Définition des lignes, intervalles, nombre d'intervalles, vitesse commerciale
- Composition des trains, temps d'arrêt, départs à l'horaire et durée de trajet, capacité de charge

Données sur le véhicule

Automoteurs et trains sont définis à l'aide d'un programme spécialisé (voir ElbasTools n°3). Ces données sont ensuite intégrées dans **ELBAS-**



Publications

■ **Kontcha, A.; Schmidt, P.**: Déséquilibre de tension en fonction du temps dans un réseau triphasé d'alimentation ferroviaire a.c. dans: Elektrische Bahnen 97 (1999) H. 7, pages 235-238

■ **Hofmann, G.; Michells, E.J.; Mijnlief, J.D.; Pietzsch, H.; Röhlig, S.**: Outils de simulation en alimentation d'énergie électrique. State of the art, objectifs et limites. dans: VDE-Bericht 74 "2. International Conference Electric Railway Systems", VDE-Verlag Berlin (1999), pages 157-162

■ **Hofmann, G.**: Problèmes spéciaux pour le calcul des systèmes d'énergie électrique dans les réseaux ferroviaires. dans: Elektrische Bahnen 98 (2000), H. 3, pages 95-99

■ **Hofmann, G.; Kontcha, A.**: Transformateurs-booster dans les chemins de fer à courant alternatif. dans: Elektrische Bahnen 98 (2000), H. 7

avec la participation des collaborateurs d'ELBAS

