

Présentation à la Journée LMCS 2008

DDO/DED/DEF/0032-08/AMV Ind. B

nexter
SYSTEMS

Analogies électro-fluidiques sur ESACAP : théorie et exemples d'utilisation

SYSTEMES DE COMBAT TERRESTRE



OBJET DE L'INTERVENTION

ANALOGIE ELECTRO – FLUIDIQUE SUR code nodal ESACAP

▶ par Michel BRUN

- ingénieur d'études et calculs en fluides et thermique,
- travaillant principalement sur codes nodaux ESACAP et AMESim, + codes 3D de MFN (=CFD) relevant des familles STAR ou FLUENT.

▶ de NEXTER Systems (anciennement GIAT industries – DSB)

SOMMAIRE

ANALOGIE ELECTRO – FLUIDIQUE SUR code nodal ESACAP

- ▶ PRINCIPE DE BASE
- ▶ EXEMPLE D'APPLICATION
- ▶ OUTIL DE RESOLUTION
- ▶ RESULTATS DE SIMULATIONS :
 - 1ères COURBES,
 - CONFIRMATION EXPERIMENTALE,
 - TRANSFORMATION DU RESEAU POUR OPTIMISATION DES FLOTS
- ▶ AUTRES EXEMPLES D'APPLICATIONS
- ▶ APERÇU THEORIQUE ET PRATIQUE
- ▶ CONCLUSION

PRINCIPE DE BASE

RECOURIR à l'ANALOGIE ELECTRIQUE pour décrire des RESEAUX FLUIDES

PARTICULARITES :

$$P_{\text{tot}} = P_{\text{stat}} + P_{\text{dyn}}, \text{ où } P_{\text{dyn}} = \rho \cdot V^2/2$$

- ▶ Réel découplage entre pression et débit, par choix de :
 - P_{stat} = pression statique *comme* homologue de la tension,
 - Q = débit volumique *comme* homologue de l'intensité.

- ▶ Formules de perte de charge (issues des équations de Bernouilli et des coefficients d'Ideltchik ou autres) complétées et modifiées en formules de chute de pression statique entre amont et aval.

PRINCIPE DE BASE

RECOURIR à l'ANALOGIE ELECTRIQUE pour décrire des RESEAUX FLUIDES

AVANTAGES PRINCIPAUX :

- ▶ Description de réseaux ramifiés par association de termes R, L, C, E, J ;
- ▶ Egale aptitude à toute simulation : permanente, transitoire, périodique ;
- ▶ Grande facilité à tester les possibles transformations du réseau ;

AVANTAGES TEMPORELS (*dus au code nodal et aux lignes précédentes*) :

- ▶ Temps de calculs très brefs : quelques secondes ;
- ▶ Temps de modélisation réduits...
 - ... mais à condition de disposer de bibliothèques pertinentes

PRINCIPE DE BASE

RECOURIR à l'ANALOGIE ELECTRIQUE pour décrire des RESEAUX FLUIDES

CONTRAINTES :

- ▶ **Nécessité de bibliothèques différentes selon la spécialité :**
 - **hydraulique et aéraulique « incompressibles » d'une part,**
 - **aéraulique compressible = pneumatique d'autre part ;**
- ▶ **Nécessité de ramener toute forme à un obstacle canonique ;**
- ▶ **Substance de grands choix non prédéterminés, entre analogies proportionnelle et quadratique.**

OUTIL DE RESOLUTION = ESACAP **nexter**

- ▶ Logiciel de simulation pour systèmes dynamiques non-linéaires,
- ▶ Développé en 1979 à l'appel de l'ESA (Agence Spatiale Européenne),
- ▶ Par les Danois Pol STANGERUP et Stig SKELBOE (de la Société StanSim et du Centre de Recherche ElektronikCentralen),
- ▶ Outil interdisciplinaire, à prédominance électronique et thermique,
- ▶ Apte à la « modélisation comportementale »,

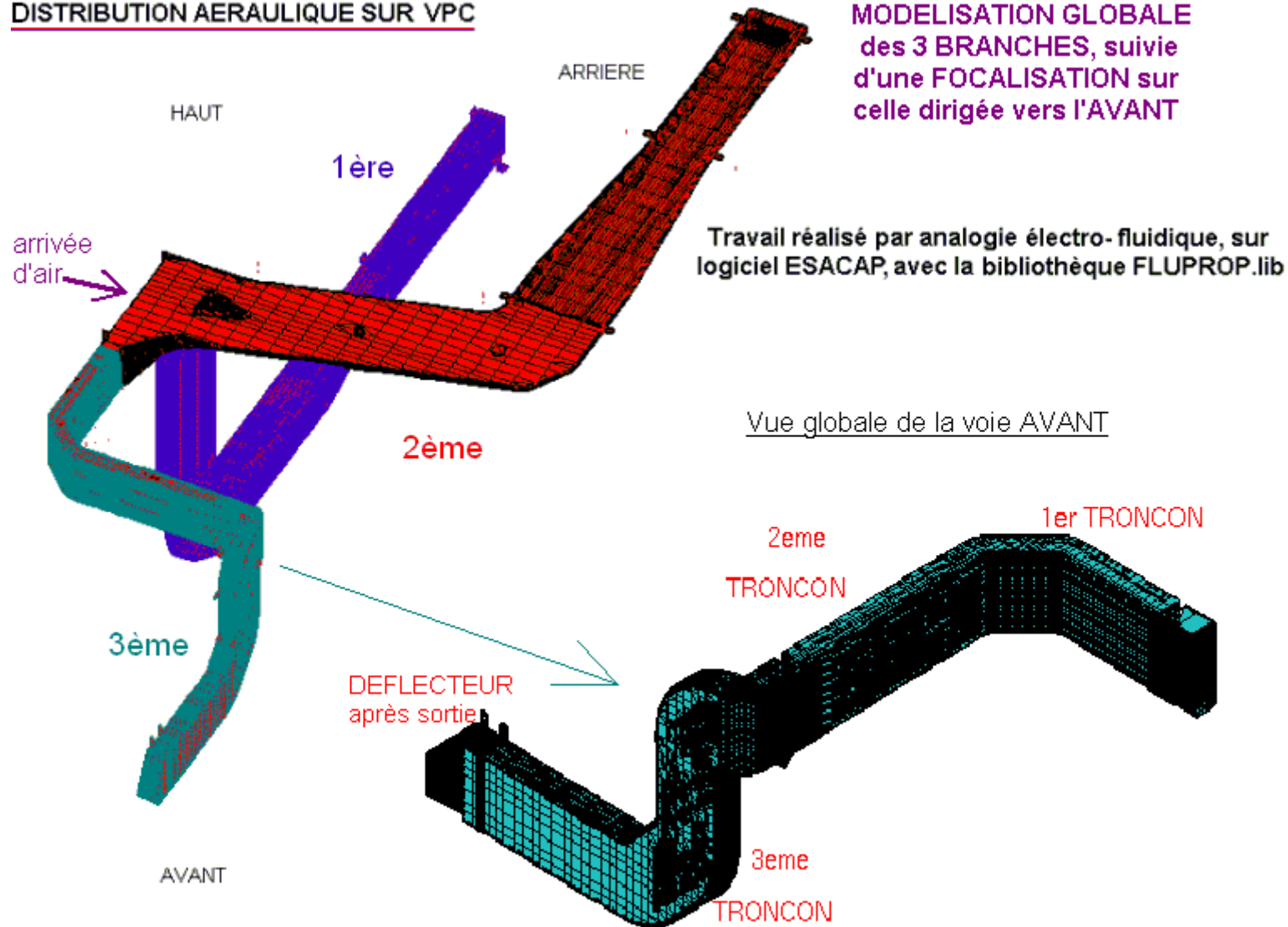
- ▶ Résolution de systèmes d'équations algébro-différentielles (et +) ,
- ▶ Analyses continues par méthode combinée gradient-Newton,
- ▶ Analyses transitoires par différentiation arrière à ordre et pas variables,
- ▶ Analyses périodiques par extrapolation utilisant l'algorithme d'Epsilon,
- ▶ Analyses fréquentielles sur systèmes linéaires ou linéarisés, calculs de fonctions de transferts selon la fréquence, ainsi que des pôles et zéros,

- ▶ Diffusé par TSR en France et par LORSIM en Belgique, en lien avec MS1

Exemple d'application à un Réseau Aéraulique

DISTRIBUTION AERAULIQUE SUR VPC

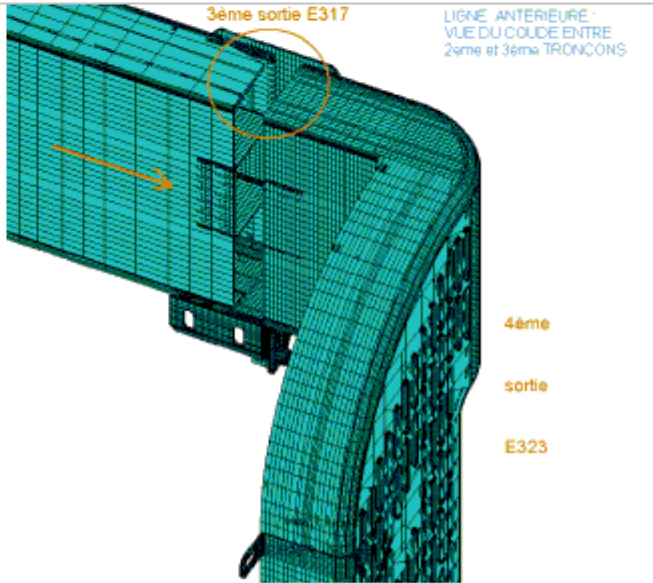
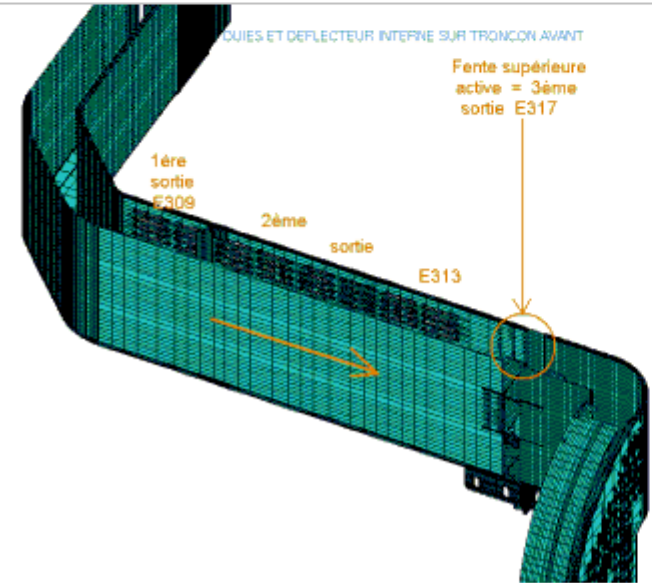
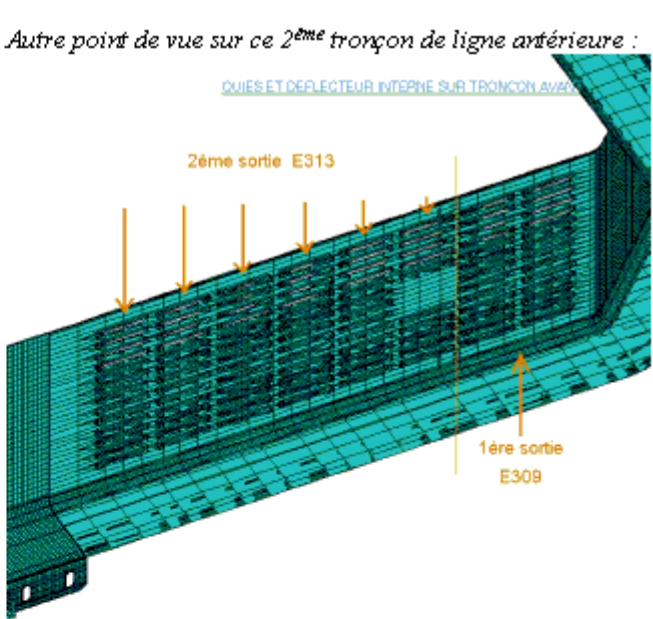
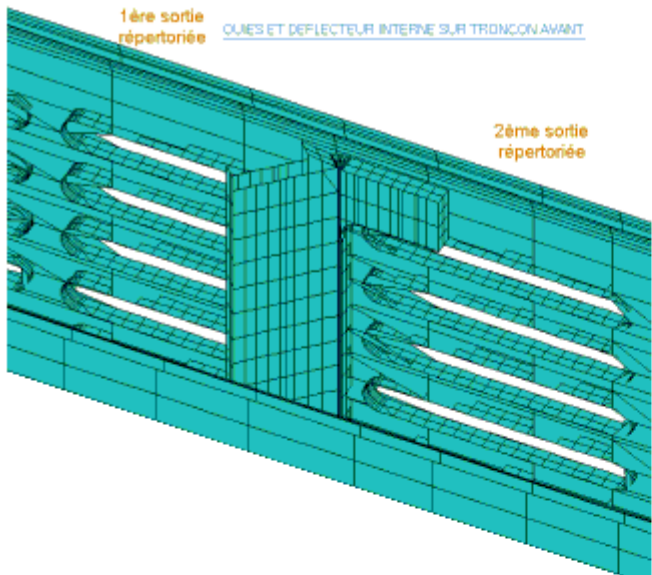
MODELISATION GLOBALE
des 3 BRANCHES, suivie
d'une FOCALISATION sur
celle dirigée vers l'AVANT



Travail réalisé par analogie électro- fluidique, sur logiciel ESACAP, avec la bibliothèque FLUPROP.lib

Vue globale de la voie AVANT

VUES détaillées du RÉSEAU AÉRAULIQUE (BRANCHE AVANT)



VUES détaillées du RÉSEAU AÉRAULIQUE (BRANCHE AVANT)

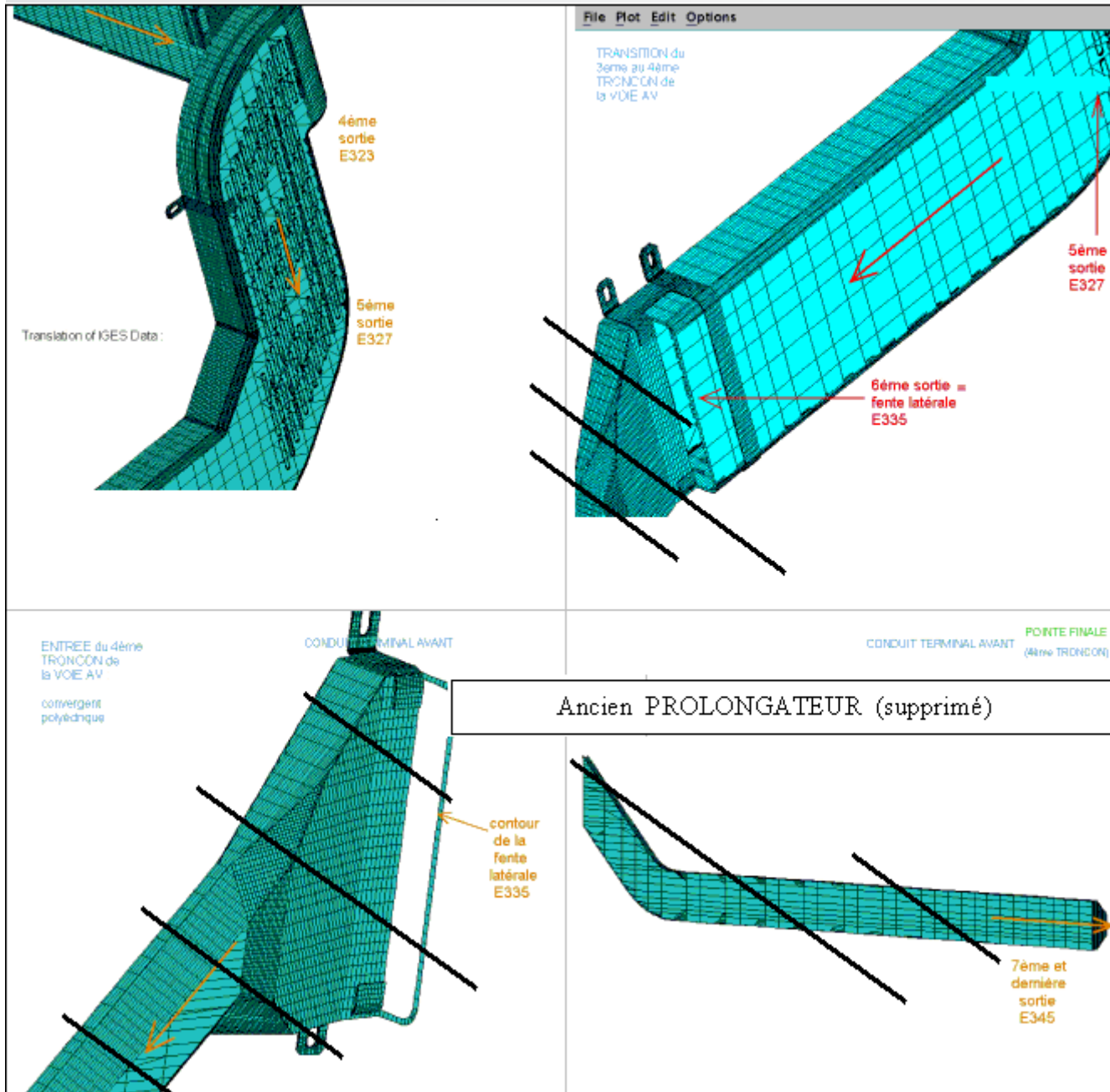
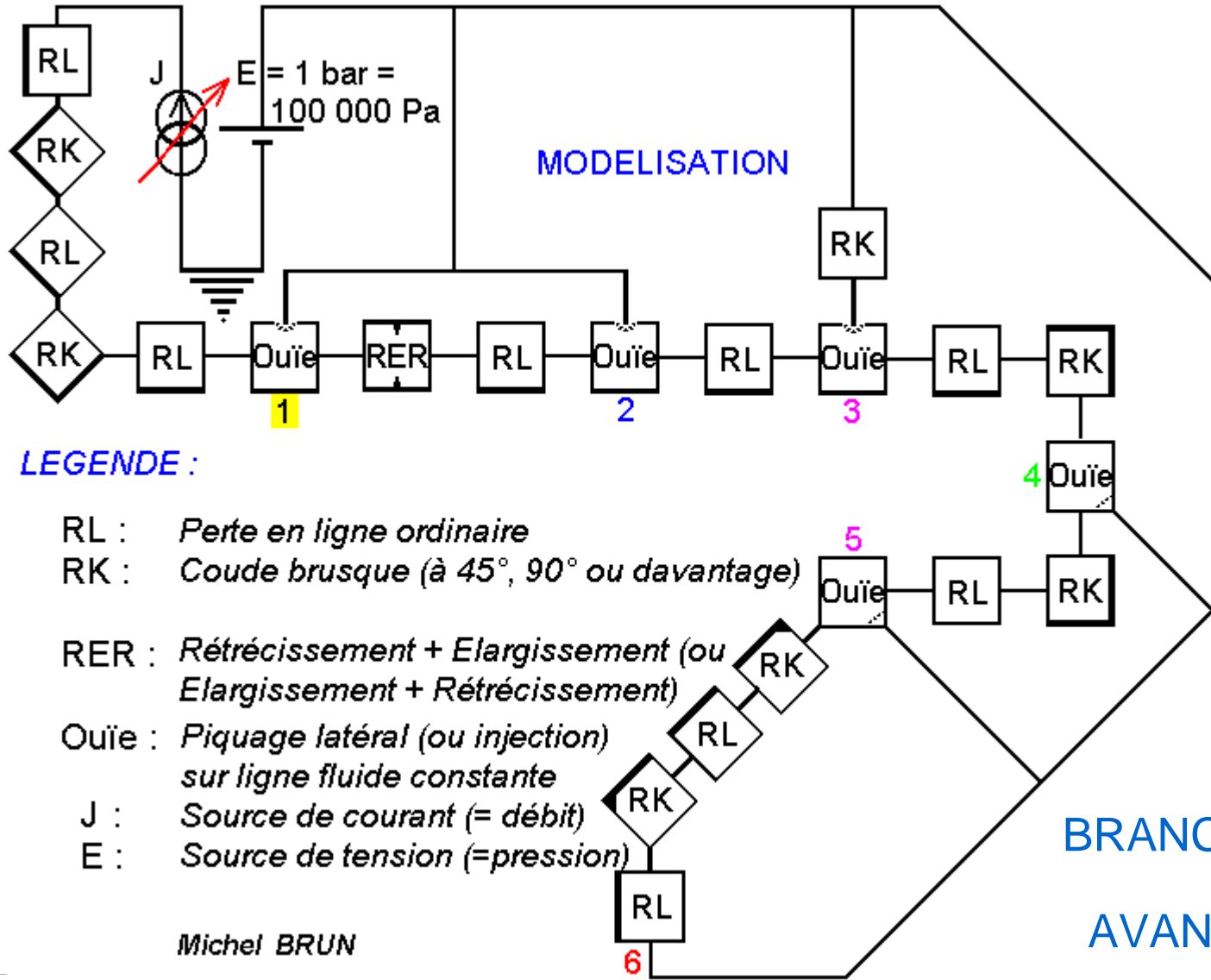


SCHÉMA de la MODÉLISATION :



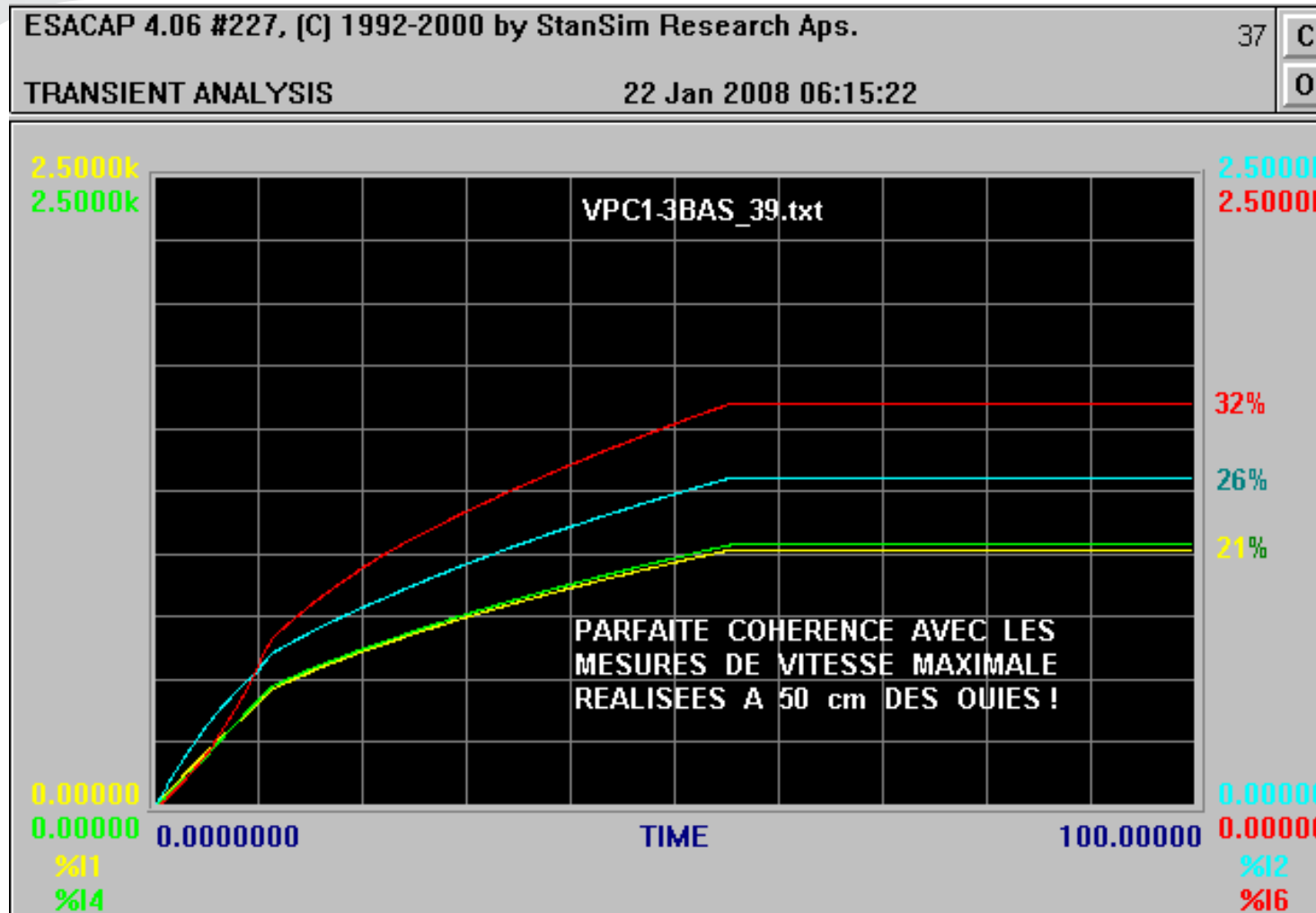
LEGENDE :

- RL : *Perte en ligne ordinaire*
- RK : *Coude brusque (à 45°, 90° ou davantage)*
- RER : *Rétrécissement + Elargissement (ou Elargissement + Rétrécissement)*
- Ouïe : *Piquage latéral (ou injection) sur ligne fluide constante*
- J : *Source de courant (= débit)*
- E : *Source de tension (=pression)*

Michel BRUN

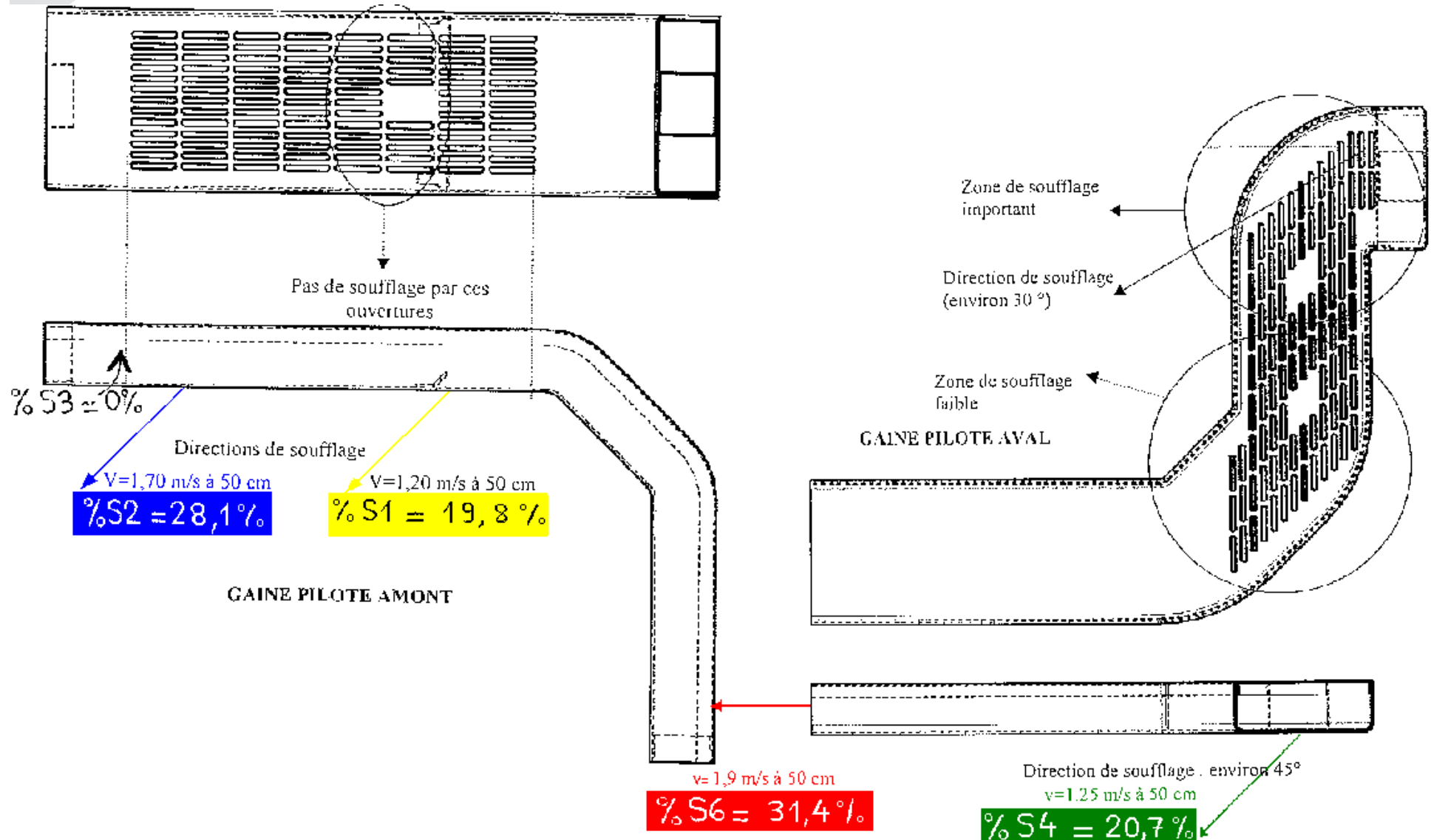
EXEMPLES de RESULTATS : Simulation Aéraulique de Branche AV

nEXTER

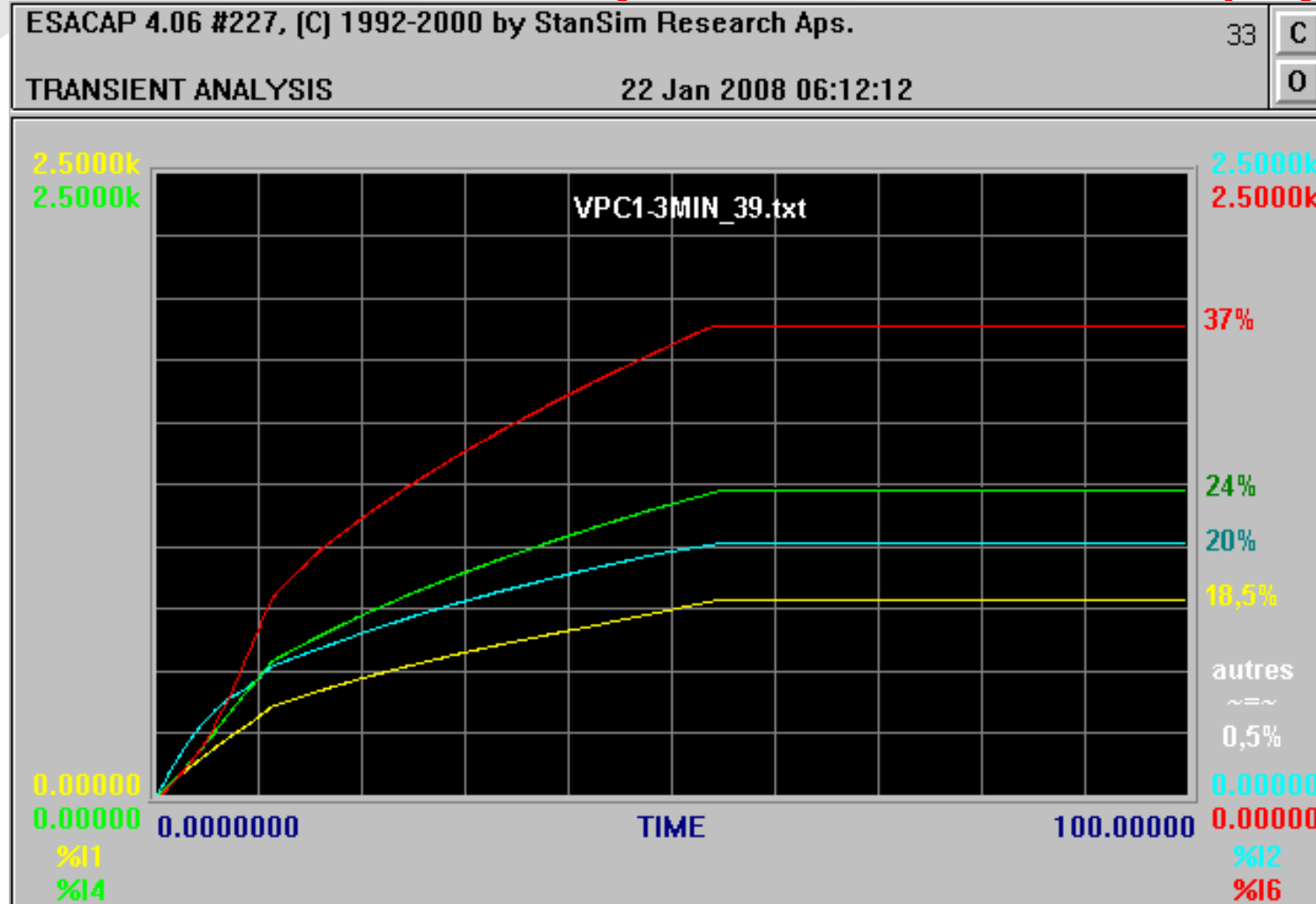


Les écarts observés dans la répartition des débits se sont ici révélés inférieurs à 1%, par rapport à des mesures réalisées postérieurement (voir page suivante). Mais la précision à attendre par cette méthode est plus ordinairement de 10%...

EXEMPLES de RESULTATS : Mesures Aéraulique sur cette Branche AV



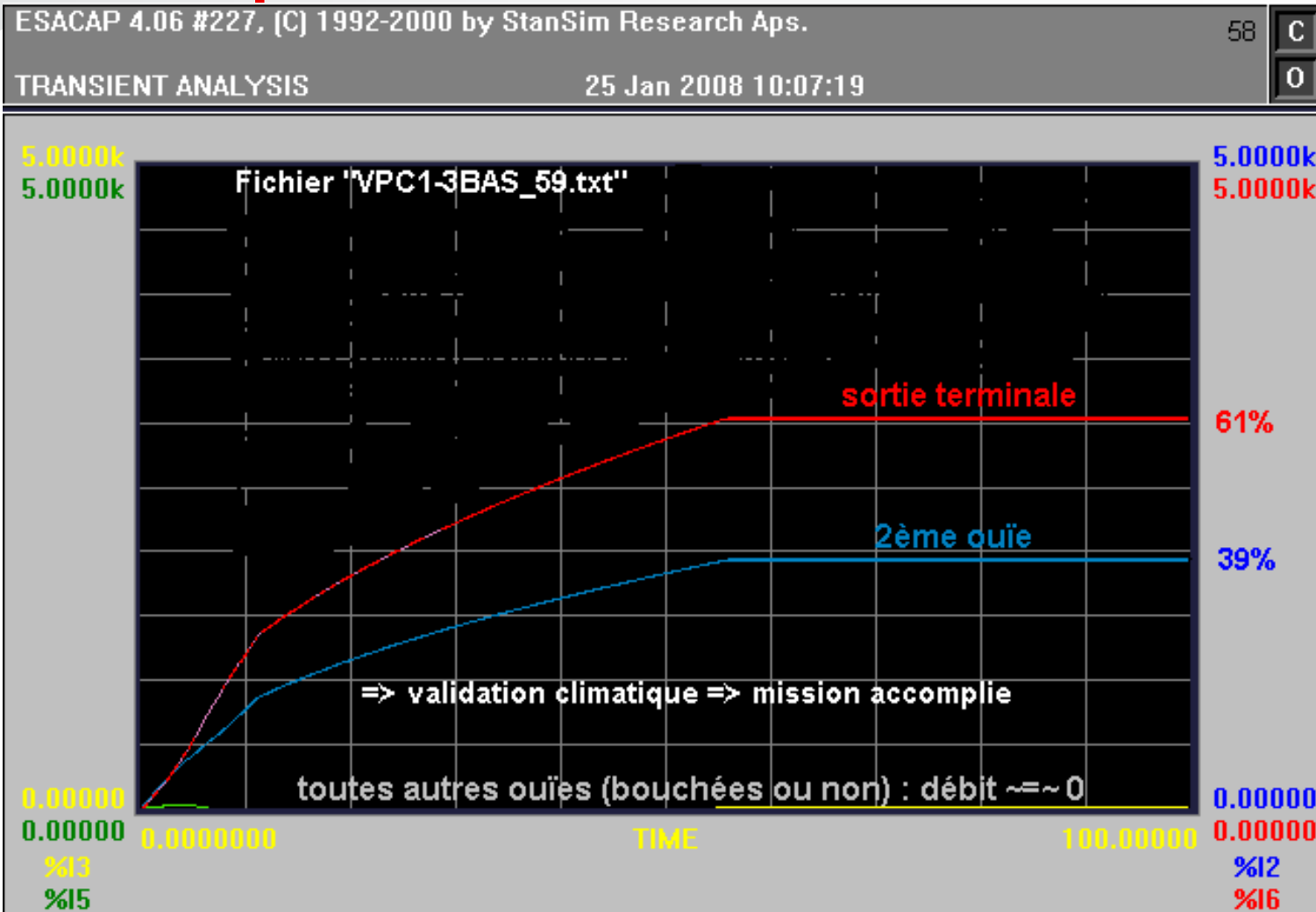
Simulation Aéraulique de Branche AV (reprise)



Même chose en s'appuyant sur la bibliothèque simplifiée FLUPROMIN.LIB (ci-jointe) : c'est un peu moins exact mais on reste dans une précision ~ 15%.

EXEMPLES de RESULTATS : Simul. Aéraulique de Branche AV Modifiée

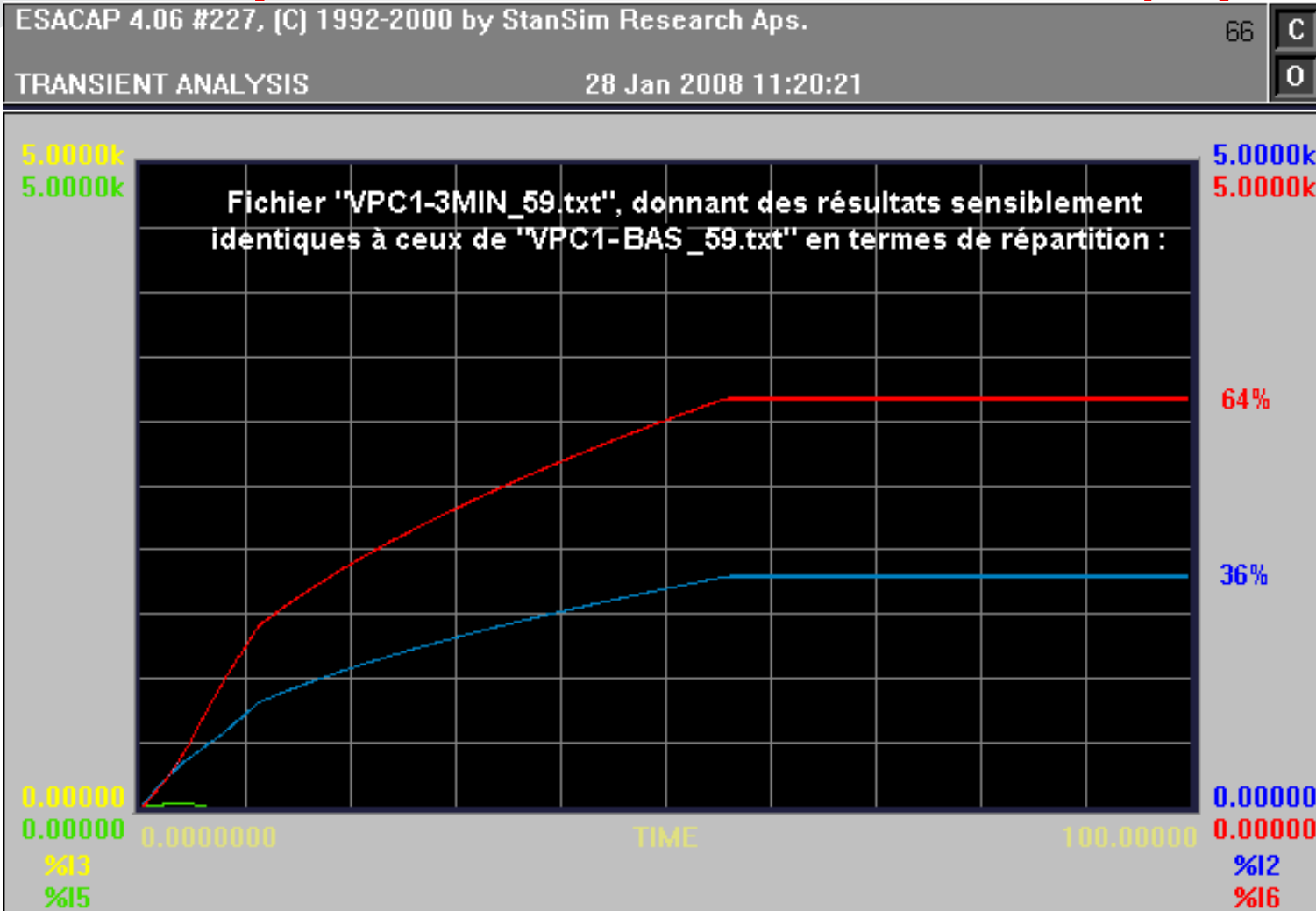
nexTER



L'obturation de la 1ère et de la 4ème ouïes, assortie d'une réduction de la 2ème, produit des effets considérables de maximisation du débit terminal.

EXEMPLES de RESULTATS : Simul. Aéraulique de Branche AV Modifiée (reprise)

nexter

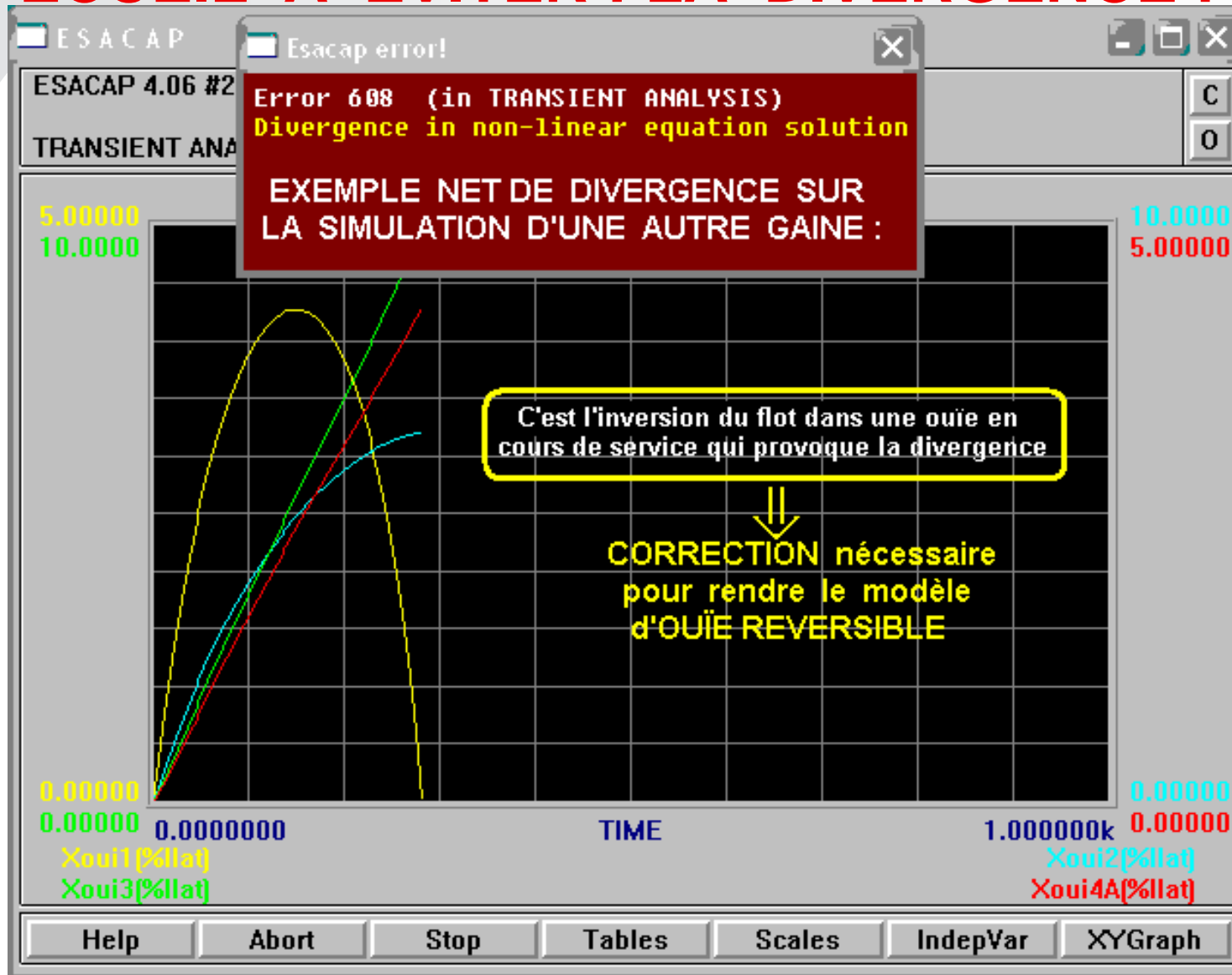


Ce graphe montre que la bibliothèque simplifiée FLUPROMIN.LIB (ci-jointe) aurait amplement suffi à prévoir correctement les effets de l'obturation envisagée.

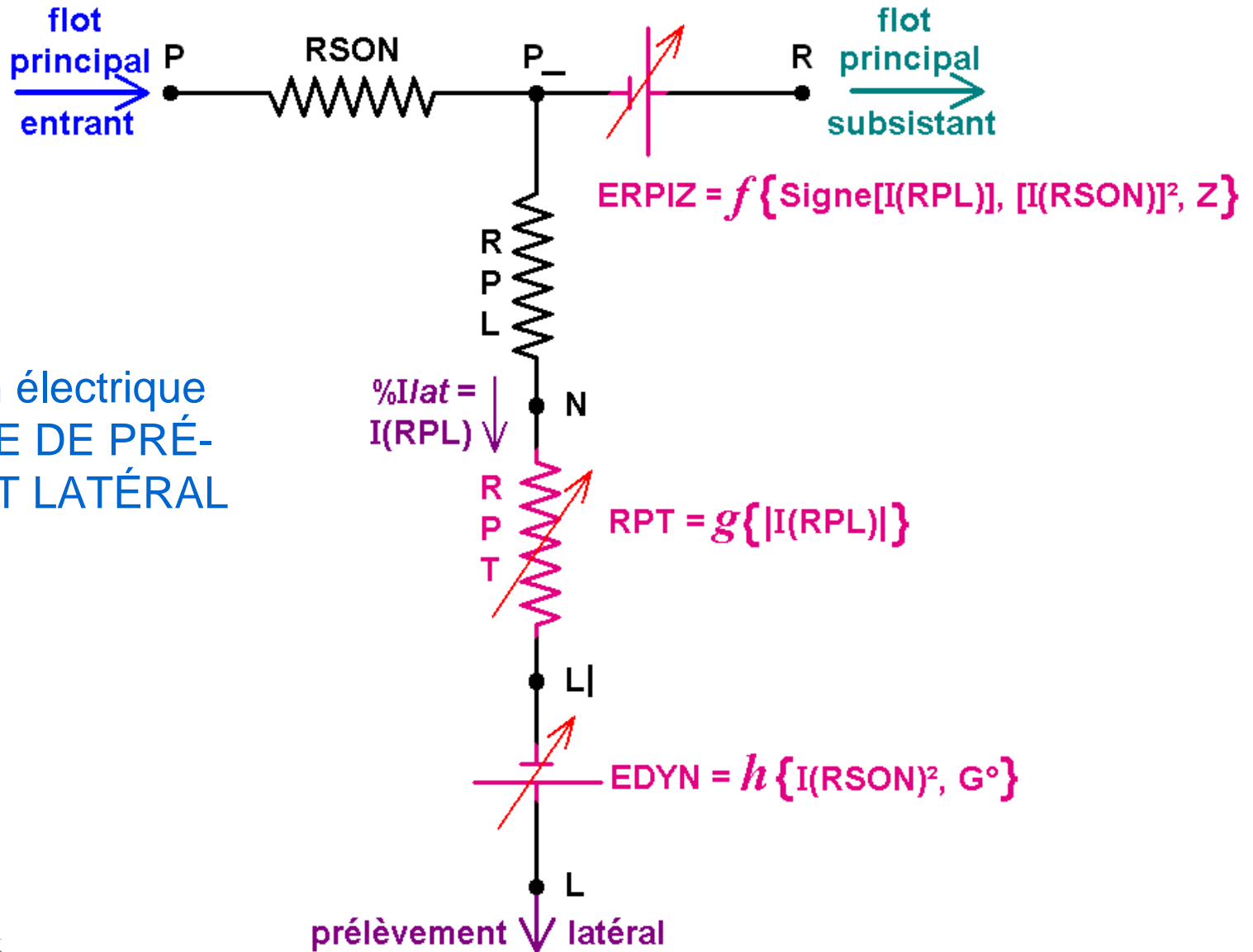
EXEMPLES de CAS TRAITES par ANALOGIES **NEXTER** ELECTRO-FLUIDIQUES de DIFFERENTS TYPES :

- ▶ **Modélisation d'ensemble de la Boîte de Vitesses de l'AMX 10 RC, en A.E.F. quadratique, sous ses \neq rapports de fonctionnement** \Rightarrow
Liste de **modifications applicables au circuit hydraulique de graissage** pour un meilleur équilibrage de celui-ci \Rightarrow
Opération industrielle actuellement en cours ;
- ▶ **Résolution et amélioration de toutes gaines aérauliques ramifiées, en A.E.F. proportionnelle à correctif quadratique (voir exemple), à condition que soit surmonté l'écueil, source de divergence, signalé page suivante** ;
- ▶ **Etude dynamique du verrou de site du char LECLERC (pneumatique).**

ÉCUEIL A EVITER : LA DIVERGENCE !



CONTOURNEMENT DE L'ÉCUEIL :



Description électrique d'une OUIE DE PRÉLÈVEMENT LATÉRAL

CONCLUSION

Par rapport à d'autres codes nodaux, ESACAP favorise notablement le débogage en indiquant la ligne d'où vient le défaut. En imposant à l'opérateur de **maîtriser toutes ses entrées**, il lui évite le **désagrément d'arriver à des résultats aberrants sans avoir la moindre idée d'où l'erreur pourrait provenir.**

C'est très bon marché, avec possibilité de **constituer soi-même ses bibliothèques (éléments de base ou supercomposants)**, plutôt que d'avoir à les acheter directement ou par l'intermédiaire de la boîte à outils permettant de les construire (AMESim, AMESet & AMECustom)

On peut cependant regretter que ses concepteurs ou diffuseurs se soient cantonnés à l'électronique et à la thermique, qui sont effectivement à la genèse du code, refusant d'essayer vers d'autres disciplines et de procéder à la diffusion souhaitable de bibliothèques fluidiques et pneumatiques. Avec pour conséquence principale d'éviter à beaucoup de gens de prendre conscience de la faculté d'ESACAP à traiter ces domaines et de limiter ainsi le rayonnement de leur propre logiciel !