

PNEUMATIQUE

# Un logiciel pour optimiser les circuits pneumatiques

L'idée de la proposition ISO pour les systèmes pneumatiques et l'efficacité énergétique a démarré par **un constat : il n'existe pas de norme technique ISO, de méthode universelle apte à mesurer avec précision les pertes énergétiques générées par les systèmes pneumatiques**. Elvira Rakova, à la tête de la start-up Direktin, s'est donc attaquée à la racine : la conception des circuits pneumatiques. Elle propose, en partenariat avec ARTEMA, un logiciel d'optimisation.

Si l'on s'intéresse au coût global de possession de la technologie pneumatique dans l'industrie, les chiffres parlent d'eux-mêmes : 12% constituent la part de l'investissement, 10 à 12% représentent les coûts de maintenance et 76% reviennent aux coûts d'exploitation (consommation en énergie électrique du compresseur). Comment faire baisser ce coût énergétique ? En réduisant la consommation énergétique due à l'air comprimé. Certes, il existe des outils pour détecter les fuites d'air comprimé, pour les quantifier

afin de les éliminer ou de les réduire et qui conservent toute leur pertinence. Ici, le sujet est traité autrement, par un positionnement dès la conception des circuits pneumatiques. Il s'agit d'optimiser le choix des composants des circuits pneumatiques intrinsèquement résistants à l'écoulement d'un gaz et par lesquels transitent l'air comprimé qui va alimenter les actionneurs. Car ce sont bien les actionneurs qui spécifient pression et débit nécessaires pour créer l'action mécanique demandée par la machine. Le circuit pneumatique

en amont doit donc être dimensionné au mieux pour atteindre cet objectif. Comment éviter le surdimensionnement, sélectionner les composants et réaliser des calculs complexes ? Comment caractériser chaque composant du circuit pour déterminer sa contribution aux calculs de performance énergétique au niveau système ? ARTEMA et la start-up DIREKTIN ont développé un outil numérique qui répond aux besoins des industriels soucieux d'optimiser énergétiquement leur circuit d'air comprimé de façon sûre et avec une mise en œuvre très simple.

**ÉTAPE 1 : JUMEAU NUMÉRIQUE**

- 1 Jumeau numérique de toute la ligne de production
- 2 Un jumeau numérique de chaque application et machine
- 3 Composants réels avec les paramètres
- 4 Entrée des paramètres de fonctionnement et environnementaux
- 5 Entrée manuelle des paramètres du système et des paramètres mesurés

**Input parameters:**

Item	Optimization	Units
Normal temperature (C)	20	
Ambient temperature (C)	25	
Critical pressure ratio of ideal nozzle	0.528	
Price of compressed air (euro/n)		
Hours per c		
Days per y		

**Input of value:**

Pin (bar) 5

Schéma 1

### Partir des besoins

Le logiciel propose une bibliothèque de composants qui permet de les sélectionner et de les associer selon un schéma pneumatique. Contrairement à une approche classique descendante (de la source d'énergie vers l'utilitaire), la méthode évalue d'abord le besoin en pression et débit au niveau de l'actionneur pour remonter vers la source d'énergie, afin de déterminer en amont le besoin en débit et pression d'air.

Ce calcul réalisé, il est encore possible d'améliorer l'efficacité énergétique en lançant la commande « optimisation » qui permet de remplacer le maillon faible. C'est tout l'intérêt de cette méthode originale qui évite les pertes de charge inutiles tout en répondant au besoin d'une machine, d'un atelier.

De proche en proche, d'aval vers l'amont, le logiciel permet de déterminer la pression et le débit à l'entrée de chaque composant en fonction de la pression et du débit calculé à sa sortie. Le calcul se fait en respectant les règles de calcul de la série de norme ISO 6358 qui a introduit les caractéristiques de débit, C et b, propres à chaque composant :

- la conductance sonique C, correspondant au débit maximal (en régime sonique) ;
- le rapport de pression critique b, qui représente la frontière entre le débit sonique et subsonique ;

Un composant peut être un distributeur, un raccord, un tuyau, un régulateur, un filtre ou une soufflette. Les vérins, les technologies du vide et autres seront traités dans les prochaines versions.

Ces calculs sont complexes et itératifs. Il est donc indispensable de disposer d'un outil numérique adapté qui identifie chaque composant par ses paramètres C et b. Pour les tuyaux, chaque tronçon est caractérisé par sa longueur, son diamètre interne et sa matière. Ces données permettent de calculer, toujours selon la norme ISO 6358, ses caractéristiques C et b. Pour d'autres composants comme les régulateurs (de pression, de débit), les courbes caractéristiques de leur fonctionnement permettent d'obtenir directement les pertes de charge utiles aux calculs des circuits.

On évite ensuite de surdimensionner l'installation à condition de maîtriser

les fuites. Celles-ci peuvent d'ailleurs s'implémenter sous la forme d'un composant de bibliothèque « fuite ». Les possibilités de cet outil sont énormes : il permet d'optimiser énergétiquement les circuits d'air comprimé dès la conception mais se présente aussi sous la forme d'un outil à caractère universel, non dépendant d'une marque de fournisseur de composants pneumatique.

En effet, la base de données de composants est une base ARTEMA, c'est-à-dire neutre d'un point de vue B to B. Chaque composant normalisé propose des C et b qui représentent les valeurs moyennes des C et b fournis par

**Contrairement à une approche descendante (de la source d'énergie vers l'utilitaire), la méthode évalue d'abord le besoin en pression et débit au niveau de l'actionneur pour remonter vers la source d'énergie.**

les adhérents ARTEMA. Cette base est en construction mais les fournisseurs ont compris l'intérêt de proposer à leurs clients un outil commun à la profession. L'un des principaux avantages de l'outil est l'optimisation des consommations. Dans le secteur industriel, les applications de soufflage sont largement utilisées pour le nettoyage, le refroidissement et le transport. En Europe, environ 10% de l'énergie utilisée par les industries sert à produire de l'air comprimé, 20% de l'air comprimé est utilisé par les actionneurs et environ 5% par les outils à air comprimé. 15% sont perdus en raison de fuites. La plus grande part de l'air comprimé, 50%, est le soufflage à l'air comprimé.

Cependant, le soufflage avec un tuyau ouvert est encore une pratique courante dans le secteur industriel car il n'existe pas de méthode pour choisir une solution qui optimise la consommation d'air comprimé. Plusieurs paramètres sont à prendre en compte : le diamètre du tube, la force de soufflage, le niveau de bruit, les caractéristiques du débit et le niveau de pression pour obtenir un fonctionnement efficace et une consommation d'air

comprimé réduite. L'utilisateur est confronté à des difficultés. Par exemple, comment remplacer un tube ouvert de 2mm de diamètre par une buse de soufflette quand la pression requise par l'application est inférieure à celle préconisée par le fournisseur de soufflettes? Un tel remplacement, réalisé sans précaution, peut conduire à obtenir une force de soufflage insuffisante qui impacte directement la production. Un outil méthodologique qui permet d'avancer étape par étape dans le choix des composants à partir d'une base de données associée est une réponse parfaitement adaptée à la conception optimisée en énergie des systèmes pneumatiques. Dans le choix des composants, il est nécessaire d'intégrer le fait que tout changement de composant influence le comportement de l'ensemble des paramètres du réseau. Le point de départ de l'optimisation ou de la conception d'un nouveau système

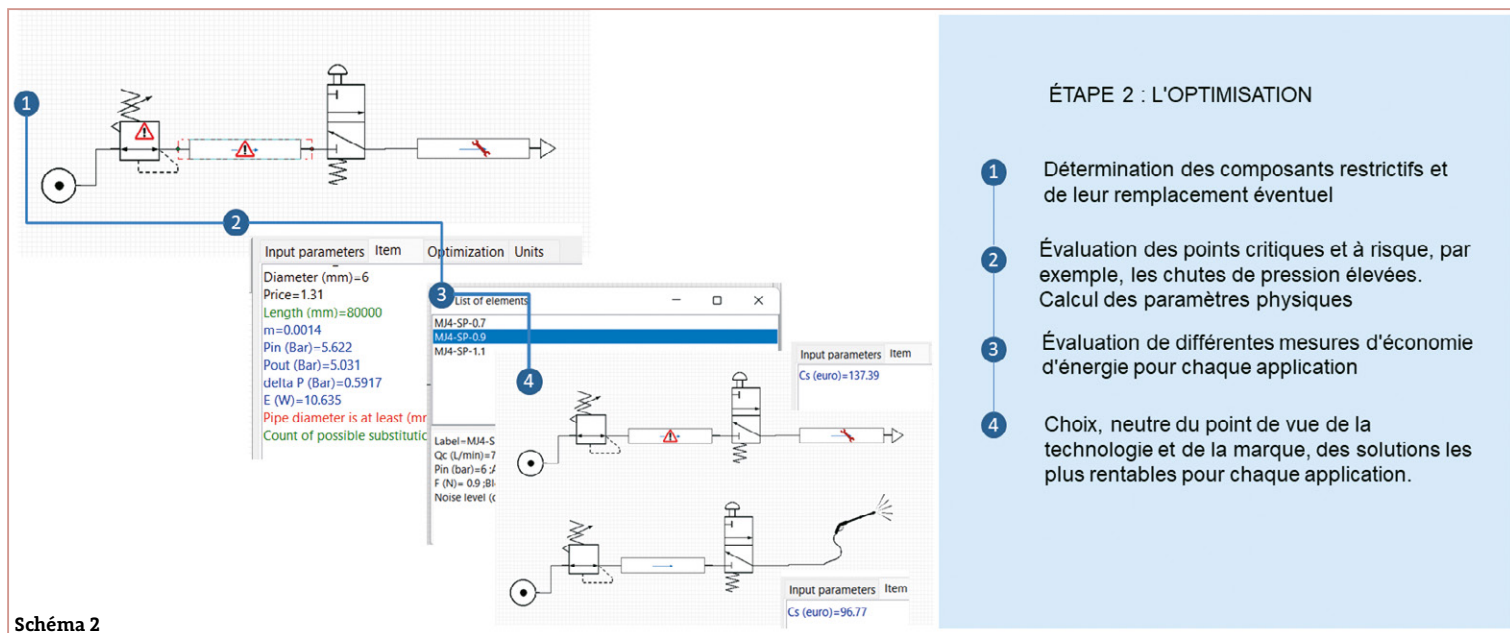


Schéma 2

d'air comprimé commence par la prise en main de l'outil numérique par l'éditeur de schémas pneumatiques. Ce dernier utilise une bibliothèque de composants standards qui peut aussi intégrer des composants provenant de fournisseurs. Les composants standards (distributeurs, coudes,...) sont entièrement définis par leurs paramètres utiles pour réaliser les calculs d'optimisation énergétique. Pour les tubes/tuyaux, il faut rentrer les données qui seront utilisées pour les calculs : diamètre, longueur. Une fois la schématisation terminée, des données plus générales sont implémentées : coût de l'air comprimé, nombre d'heures de fonctionnement du système, nombre de jours par an, température ambiante et une valeur maximale admissible de la perte de charge maximale du système pour lancer l'optimisation.

### Paramètres standards

Le point de départ de l'optimisation ou de la conception d'un nouveau système d'air comprimé commence par la prise en main de l'outil numérique par l'éditeur de schémas pneumatiques. Ce dernier utilise une bibliothèque de composants standards qui peut aussi intégrer des composants provenant de fournisseurs. Les composants standards (distributeurs, coudes) sont entièrement définis par leurs paramètres utiles pour réaliser les calculs d'optimisation énergétique. Pour les tubes/tuyaux, il faut rentrer les données qui seront utilisées pour les calculs : diamètre, longueur.

Une fois la schématisation terminée, des données plus générales sont implémentées : coût de l'air comprimé, nombre d'heures de fonctionnement du système, nombre de jours par an, température ambiante et une valeur maximale admissible de la perte de charge maximale du système pour lancer l'optimisation. (Cf. Schéma 1 et 2)

La commande « calculer » lance le programme qui calcule les valeurs des pertes de charge dans le système, les débits, la consommation d'air comprimé, le coût et le niveau de pression requis au niveau du

**Les algorithmes d'optimisation permettent d'identifier les composants les plus restrictifs avec les pertes de charge les plus élevées. Des suggestions d'amélioration sont proposées ensuite.**

régulateur ou de la source de pression pour un bon fonctionnement du système.

Les algorithmes d'optimisation permettent d'identifier les composants les plus restrictifs avec les pertes de charge les plus élevées. Des suggestions d'amélioration sont proposées ensuite. Par exemple, pour un tube, un diamètre sera proposé. Dans un distributeur, il s'agira de la conductance sonique ou du débit. En résumé, chaque composant est passé au crible. (Cf. Schéma 2) D'autres améliorations sont suggérées. Dans le cas du tube de soufflage, la force

de soufflage et le débit sont calculés dans le but de proposer des buses ou des soufflettes de la bibliothèque de composants qui répondent le mieux au besoin. Les économies d'énergie atteignent généralement 50% avec une sécurité de fonctionnement accrue et un niveau de bruit réduit.

Autre atout de l'outil, la possibilité d'identifier par le calcul l'efficacité énergétique d'une solution pneumatique en service. Par exemple sur une machine spéciale, il devient possible de communiquer de manière neutre et selon des références de normes ISO sur le niveau d'efficacité énergétique du circuit d'air comprimé d'une machine.

Les mises à jour régulières de l'outil numérique portent sur les algorithmes de calcul et la bibliothèque de composants (intégration de vérins ou de composants issues de la technologie du vide). La prise en main des fonctionnalités proposées est intuitive. Cet outil pourrait changer le regard des industriels sur l'air comprimé car il est simple d'utilisation. Il permet surtout d'obtenir une réponse adaptée aux exigences énergétiques de l'industrie et pourrait devenir une référence pour le suivi en service des installations qui disposeront de capteurs de pression et de débit (audits énergétiques des installations). Il aura aussi pour vocation à renseigner les aptitudes d'une machine à être vertueuse (affichage) sur sa consommation énergétique d'air comprimé. ■

Elvira RAKOVA, PDG de Direktin,  
Olivier CLOAREC, avec ARTEMA