

ICP-OES & ICP-MS

Comprendre et maîtriser les interférences
pour des résultats fiables

Journées Romandie - 17 Juin 2026

Yolande ABDELNOUR

yolande.abdelnour@agilent.com



- 01  Rappels sur les principes ICP-OES et ICP-MS
- 02  Les interférences spectrales en ICP-OES
- 03  Les interférences en ICP-MS
- 04  Les interférences non spectrales en ICP-OES et en ICP-MS
- 05  Solutions de correction Agilent
- 06  ICP-MS/MS : Triple quadripôle Agilent 8900/9500
- 07  ICP-OES vs ICP-MS : Complémentarité
- 08  Bonnes pratiques & conclusion

Rappels : Principes ICP-OES et ICP-MS

Subtitle Arial: 24 pt sentence case

ICP-OES

Spectrométrie d'émission optique

- Plasma argon (6 000 - 10 000 K) excite les atomes
- Mesure des photons émis à des longueurs d'onde caractéristiques
- Chaque élément possède un spectre d'émission unique
- Gamme dynamique étendue (ppb à %)
- Analyse multi-élémentaire simultanée

Agilent 5800 / 5900 ICP-OES

ICP-MS

Spectrométrie de masse

- Même plasma argon, ions extraits vers le spectromètre de masse
- Séparation des ions selon leur rapport masse/charge (m/z)
- Limites de détection ultra-traces (ppt)
- Information isotopique accessible
- Couverture élémentaire quasi-complète

Agilent 7850 / 7900 / 8900 / 9500 ICP-MS

Point commun : introduction d'échantillon liquide via nébuliseur → plasma argon → détection



Chevauchement de raies

- Raies d'émission de deux éléments proches en longueur d'onde
- Ex: Fe 238.204 nm interfère sur Co 238.204 nm
- Problème majeur avec matrices complexes (Fe, Ca, Al en forte concentration)



Émission de fond (background)

- Émission continue du plasma (recombinaison, radiation électromagnétique)
- Émission moléculaire (bandes OH, N₂, CN)
- Matrices à TDS élevé augmentent le fond spectral



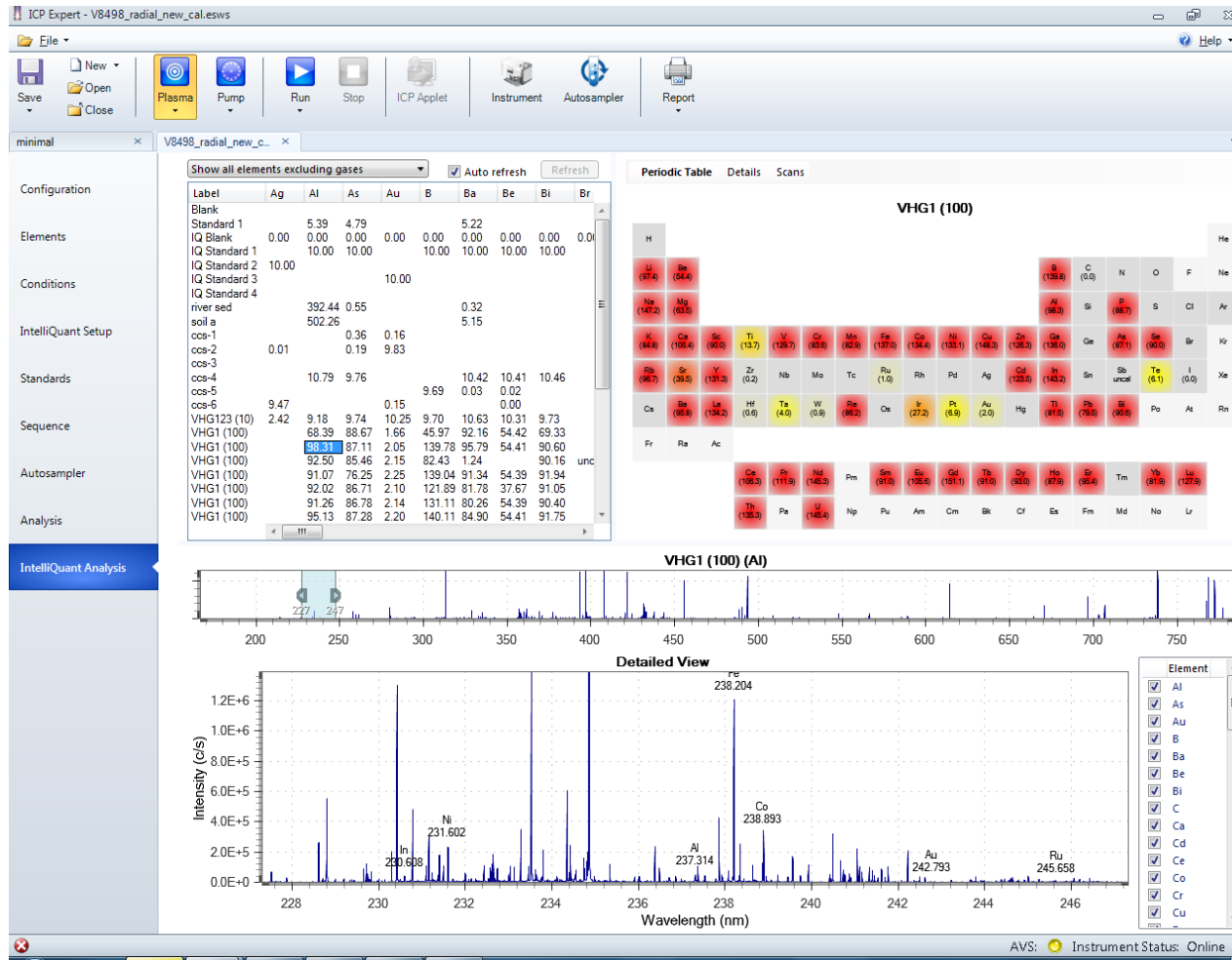
Lumière parasite (stray light)

- Diffusion de la lumière dans le spectromètre
- Affecte surtout les longueurs d'onde UV basses
- Impact sur les limites de détection en vue axiale

La haute résolution optique des ICP-OES Agilent (< 0.006 nm) réduit significativement les chevauchements

Identifier les interférences en ICP-OES

IntelliQuant 2.0 - outil de cartographie élémentaire de l'échantillon



- Heat map sur le tableau périodique
- Analyse Semi-Quant
- Scan du spectre entier en qlqs secondes

IntelliQuant 2.0 – Meilleur aperçu de l'échantillon

Qualification automatique des résultats



Algorithme de traitement des données : attribue à chaque longueur d'onde identifiée une note sur 5 étoiles basée sur plusieurs facteurs, qui sont similaires à ceux qu'un chimiste expérimenté prendrait en compte pour faire la même détermination :

Est-ce que ma longueur d'onde est **saturée** ?

Dans la mesure du possible, IntelliQuant évitera de recommander les longueurs d'onde qui saturent les pixels

Ma longueur d'onde correspond-elle à **un vrai pic** ?

IntelliQuant accorde une plus grande préférence aux longueurs d'onde si elles présentent un pic qui peut être facilement différencié du fond

Cd	✓	214.439	★★★★	5.17
		226.502	★ ?	12.76
		228.802	★	...
		230.662	★★	...

Analyte: Cd(226.502)

Confidence: very weak

Interference: Fe(226.505)

Confidence: very strong

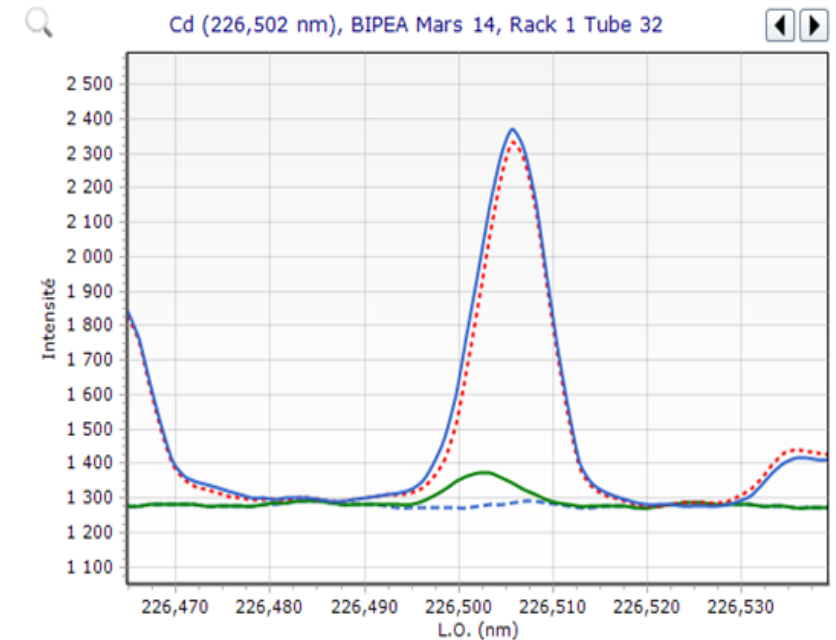
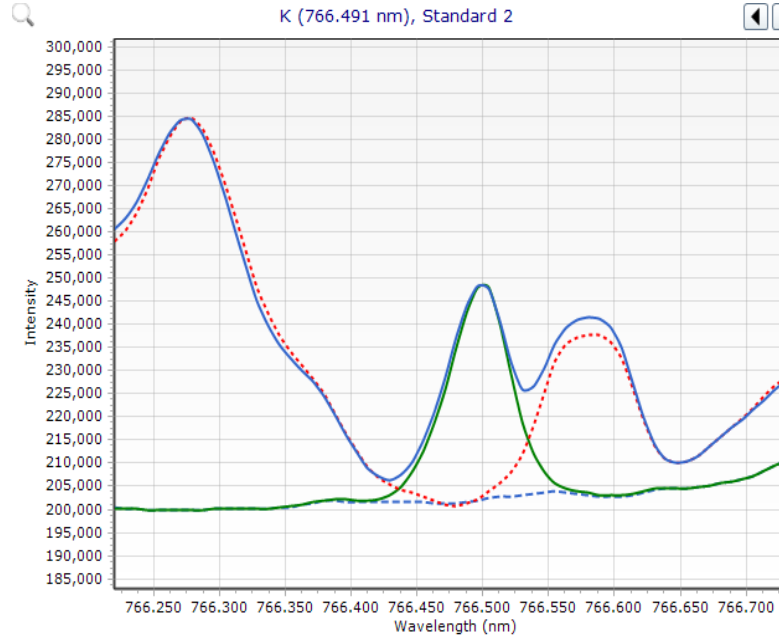
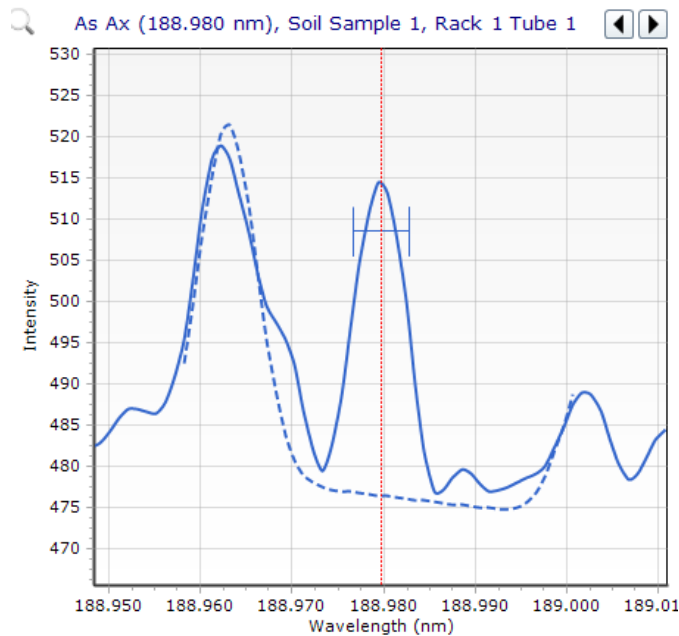
Est-ce que ma longueur d'onde est **interférée** ?

IntelliQuant évitera les longueurs d'onde soumises à une interférence d'un autre élément de l'échantillon.

Le résultat de concentration est-il **fiable** ?

Une comparaison des concentrations avec les autres longueur d'onde permet à IntelliQuant de reconnaître et d'exclure celles qui donnent des résultats aberrants.

Correction du fond et Gestion des interférences



Correction de fond Polynomiale (FBC)

- Correction automatique
- Non tributaire de l'utilisateur

FACT : Modèle de deconvolution spectrale

- Résolution < 3 pm
- Gestion des interférences à postériori
- Librairie de modèles

Corrections des interférences : ICP-OES

Solutions logicielles et matérielles Agilent pour l'ICP-OES

- | | | |
|---|---|--|
| 1 | Optimisation des paramètres opératoires (Robustesse) | Efficacité de transfert d'énergie. Correction simple et efficace par les étalons internes |
| 2 | FBC (Fitted Background Correction) | Algorithme mathématique modélisant le fond spectral vrai sous le pic analytique. Correction automatique sans points de correction manuels. |
| 3 | FACT (Fast Automated Curve-fitting) | Technique avancée pour les fonds complexes : modélisation spectrale par mesure des composants attendus. Idéal pour matrices organiques et complexes. |
| 4 | IEC (Inter-Element Correction) | Équations de correction inter-éléments pour les chevauchements spectraux directs. Mesure de l'interfèrent pour soustraire sa contribution. |
| 5 | Sélection de longueurs d'onde | Bibliothèque intégrée dans ICP Expert avec milliers de raies. Vue simultanée de tous les pixels pour sélection optimale. |
| 6 | SVDV (Synchronous Vertical Dual View) | Basculement automatique axial/radial par élément. Vue radiale pour matrices chargées, vue axiale pour meilleures LDD. |

ICP Expert : logiciel intelligent qui automatise la sélection de longueurs d'onde et la correction de fond

Interférences spectrales en ICP-MS

Type d'interférence	Description	Exemples courants	Correction
Polyatomiques	Combinaisons d'ions du plasma, solvant et matrice avec même m/z que l'analyte	$^{40}\text{Ar}^{16}\text{O}^+$ sur $^{56}\text{Fe}^+$ $^{40}\text{Ar}^{35}\text{Cl}^+$ sur $^{75}\text{As}^+$ $^{40}\text{Ar}_2^+$ sur $^{80}\text{Se}^+$	Mode collision He (KED) Mode réaction (H_2 , O_2) MS/MS
Isobariques	Deux éléments avec isotopes de même masse nominale	$^{40}\text{Ar}^+$ sur $^{40}\text{Ca}^+$ $^{87}\text{Rb}^+$ sur $^{87}\text{Sr}^+$ $^{114}\text{Sn}^+$ sur $^{114}\text{Cd}^+$	Isotope alternatif Équations de correction MS/MS
Doublement chargés (M^{2+})	Ions à double charge apparaissent à $m/z = M/2$, interférant sur d'autres éléments	$^{138}\text{Ba}^{2+}$ sur $^{69}\text{Ga}^+$ $^{150}\text{Nd}^{2+}$ sur $^{75}\text{As}^+$ $^{156}\text{Gd}^{2+}$ sur $^{78}\text{Se}^+$	Correction demi-masse MS/MS avec O_2 Équations M^{2+}
Oxydes (MO^+)	Formation d'oxydes réfractaires dans le plasma, apparaissent à $M+16$	$^{151}\text{EuO}^+$ sur $^{167}\text{Er}^+$ $^{135}\text{BaO}^+$ sur $^{151}\text{Eu}^+$ CeO/Ce ratio	Optimisation plasma UHMI ($\text{CeO} < 0.25\%$) Mode collision He

Le mode hélium (He) avec KED sur les systèmes Agilent corrige la majorité des interférences polyatomiques courantes

Les ICP-MS/MS 8900 et 9500 apportent une solution simple et efficace pour la gestion des interférences les plus complexes

Identification des interférences - IntelliQuant en ICP-MS

IntelliQuant

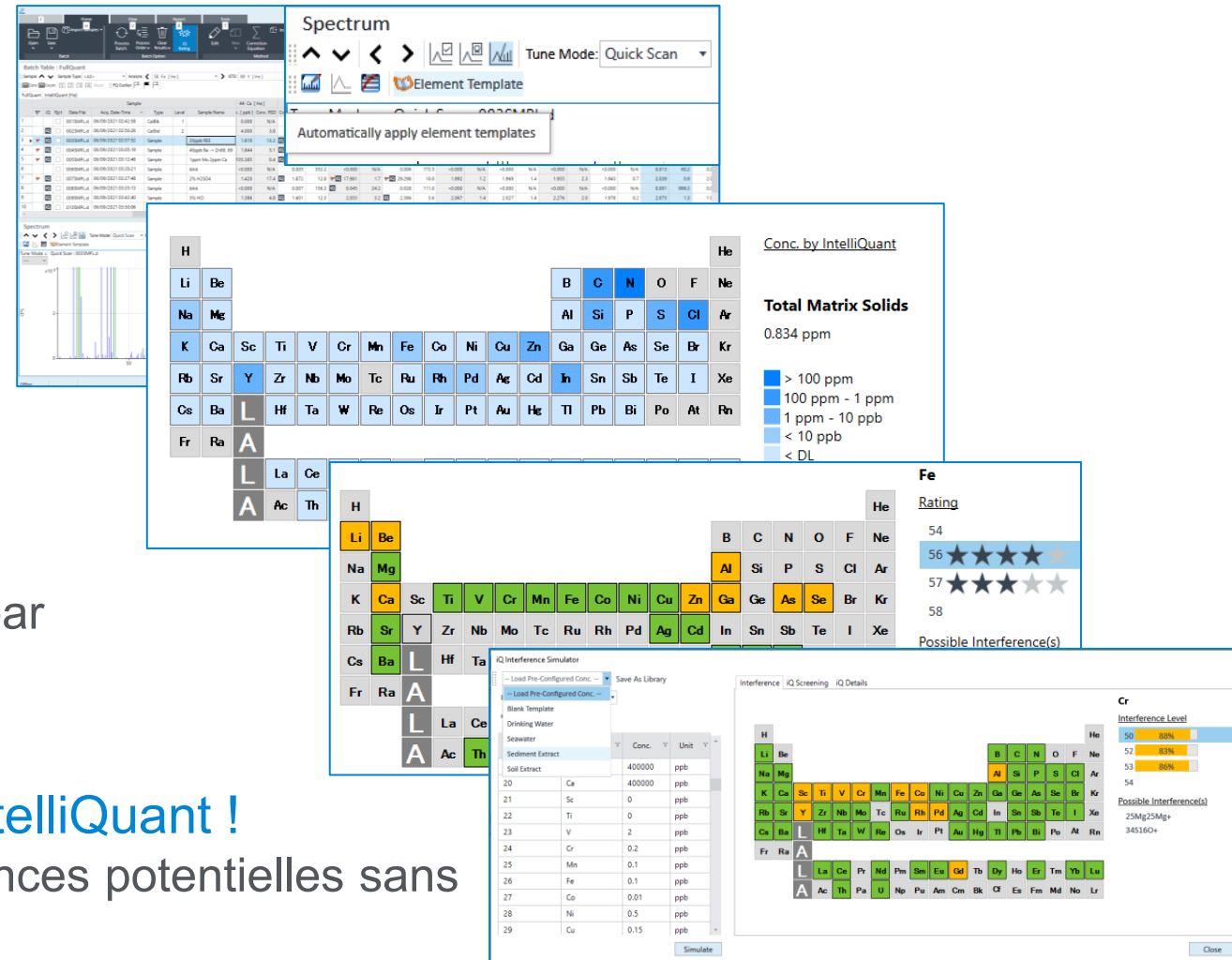
- Nouvelle interface pour la visualisation

Nouvelle notation par étoile !

- Etablir la qualité des données par isotope par échantillon

Nouveau simulateur IntelliQuant !

- Connaitre les interférences potentielles sans mesurer d'échantillons



Cellule Octopolaire = Gestion efficace en mode He

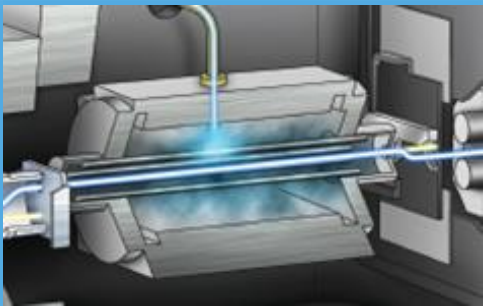
Meilleure justesse, mise au point de méthode simplifiée, 2nd isotopes

Gestion efficace des interférences polyatomiques

Méthodes simples de contrôle des interférences avec He

Validation intégrée (2nd isotopes)

Analyse IntelliQuant

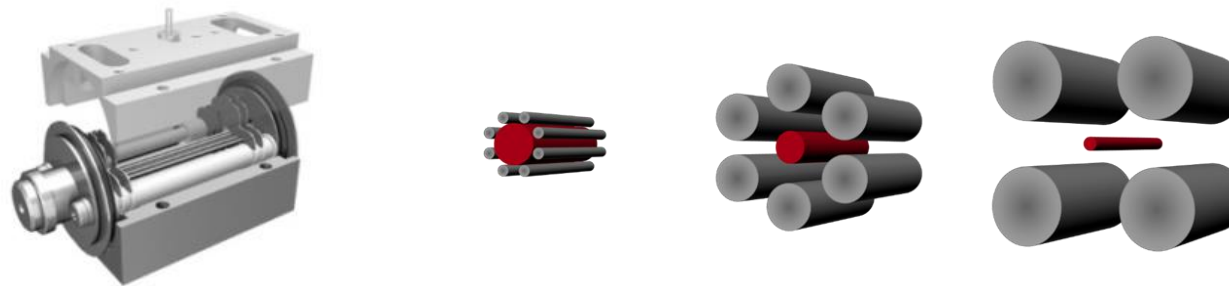


Confiance dans les résultats

Mode Collision – He (KED) : discrimination en énergie cinétique

- Petite cellule (pressuriser et ventiler la cellule rapidement)
- Densité de gaz élevée (nécessité de nombreuses collisions pour le KED)
- Guide d'ions à faible DI (garder les ions focalisés)
- Zone de stabilité large (Transmission d'ions élevée)

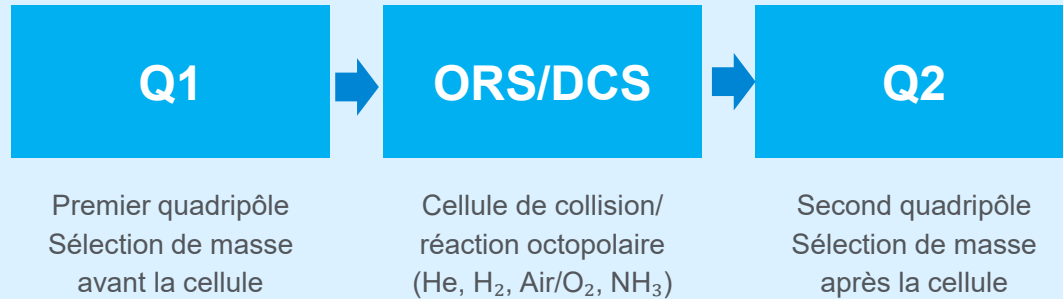
Approche universelle pour gérer les interférences polyatomiques



ICP-MS/MS : L'Agilent 8900/9500 Triple Quadripôle

La solution ultime pour la suppression des interférences

Principe MS/MS



Double sélection de masse = contrôle total de la chimie réactionnelle

Avantages clés

- Élimine TOUTES les interférences spectrales (polyatomiques, isobariques, M²⁺, oxydes)
- Mode mass-shift : mesure l'analyte à une masse différente, loin de l'interférence
- Chimie de réaction fiable : Q1 contrôle les ions entrant dans la cellule
- Applicable aux matrices complexes et variables sans compromis
- Accès à des éléments impossibles en ICP-MS simple quad (S, P, Si, Ti à ultra-traces)

Plus de 1000 laboratoires dans le monde utilisent l'ICP-QQQ Agilent

Corrections des interférences : ICP-MS

Mode collision He (KED)

- Gaz hélium inerte dans la cellule ORS4
- Les polyatomiques (plus gros) perdent plus d'énergie cinétique
- Discrimination KED élimine les interférences
- Mode universel : efficace pour la majorité des échantillons
- Mode He amélioré : Se, As dans matrices complexes

Mode réaction (H₂, O₂, NH₃)

- Gaz réactif réagit chimiquement avec l'interférence ou l'analyte
- H₂ : neutralise Ar⁺ (⁴⁰Ca), réduit ArO⁺ (⁵⁶Fe)
- O₂ : décalage de masse (mass-shift) pour As, Se
- Efficace pour interférences intenses spécifiques
- Risque de réactions secondaires en simple quad

Corrections mathématiques

- Équations de correction pour isobariques
- Correction demi-masse pour ions M²⁺
- Routine automatisée dans MassHunter
- Suivi des rapports isotopiques de l'interfèrent
- Combinable avec modes cellule

Les cellules ORS4 et la DCS Agilent offrent la meilleure efficacité de transmission en mode collision et réaction



Interférences physiques

Différences de viscosité, densité et tension de surface entre échantillons et étalons affectent la nébulisation et le transport.

Solution : *étalons internes (ex: Y, Sc), dilution, nébuliseurs haute tolérance aux solides.*



Effets de matrice

Les concentrations élevées de sels (Na, Ca, K) modifient les conditions du plasma et les taux d'excitation/ionisation.

Solution : *correction par étalon interne, FACT (Fast Automated Curve-fitting), adaptation de matrice.*



Effets d'ionisation

Les éléments facilement ionisables (Na, K, Li, Cs) perturbent l'équilibre ionisation/excitation des autres éléments.

Solution : *tampon d'ionisation (Cs), optimisation des paramètres plasma, vue radiale.*



Blocage / Encrassement

Les échantillons à TDS élevé provoquent des dépôts dans le nébuliseur et l'injecteur, causant dérive et perte de signal.

Solution : *dilution, U-HMI, nébuliseur adapté, injecteur grande ouverture, rinçage automatisé.*

Privilégier la robustesse

La robustesse d'une méthode analytique est obtenue lorsque, pour une variation de la concentration des éléments majeurs dans la matrice ou des réactifs, on n'observe pas de **variation significative** du signal des **analytes**.

La robustesse est donc l'**absence d'effets de matrice**. Le concept de robustesse va s'appliquer essentiellement au plasma.

Critère de robustesse d'un plasma

L'intensité d'une **raie atomique** permet de vérifier les conditions d'**excitation**.

L'intensité d'une **raie ionique** permet de vérifier les conditions d'**ionisation**.

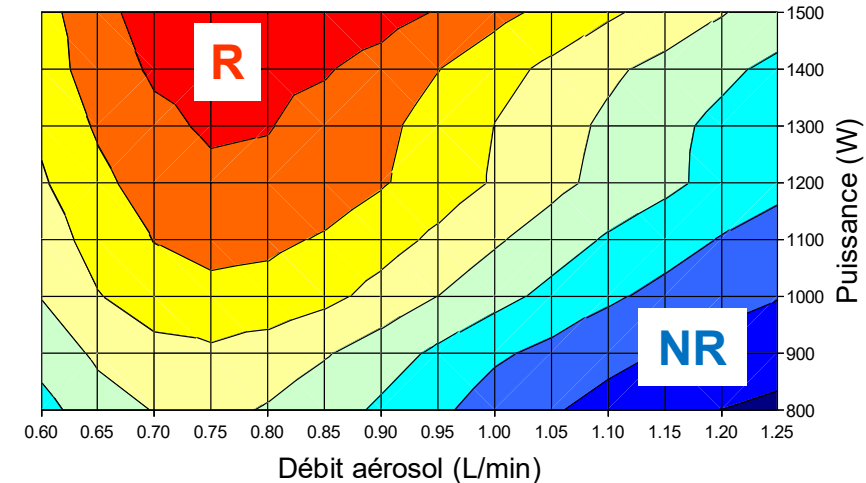
Le rapport de l'intensité d'une raie ionique à celle d'une raie atomique d'un même élément permet de normer le comportement des 2 raies.

Plus ce rapport sera élevé, meilleure sera la robustesse du plasma.

Mg I 285 nm: 4,35 eV.

Mg II 280 nm: 7,65 + 4,42 = 12,07 eV.

Mg II/Mg I (vue axiale):



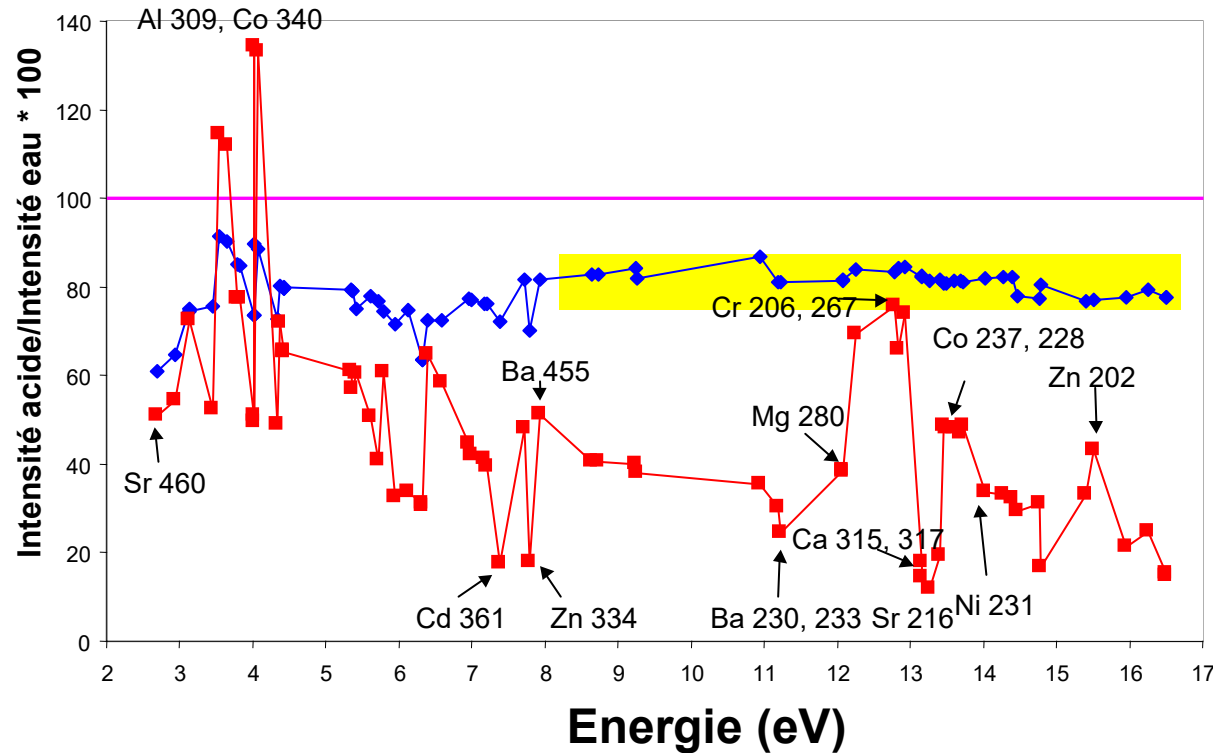
■ 8-9 ■ 7-8 ■ 6-7 ■ 5-6 ■ 4-5 ■ 3-4 ■ 2-3 ■ 1-2 ■ 0-1

conditions robustes (●,R): 1400 W et 0,8 L/min,
non-robustes (■,NR) 900 W et 1,2 L/min.

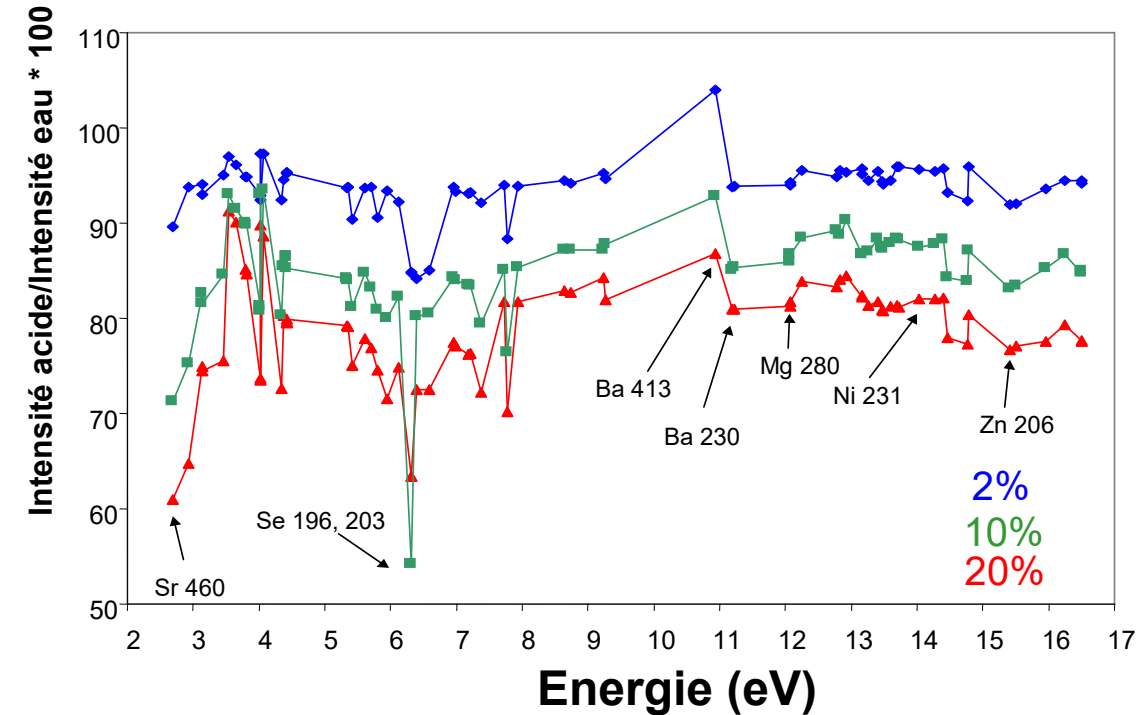
Effets de HNO_3

Raies I : atomiques ($E < 7,5 \text{ eV}$) ; Raies II : ioniques ($E > 7,5 \text{ eV}$)

HNO_3 à 20% (v/v)
conditions robustes - non robustes



Effet de la concentration de HNO_3
conditions robustes



- Il est préférable d'utiliser des conditions robustes, et des raies ioniques.
- Utiliser une raie ionique d'un étalon interne (Y/Rh/In...) pour le suivi et la correction des effets de matrices
- Choix de l'I/S à valider



UHMI (Ultra High Matrix Introduction)

Dilution aérosol par argon propre :

- Analyse directe d'échantillons jusqu'à 25% TDS
- Élimine la dilution manuelle (erreurs, contamination)
- Réduit les oxydes ($\text{CeO/Ce} < 0.25\%$)
- Améliore la robustesse du plasma
- Stabilité long terme supérieure

Inclus sur les 7850, 7900, 8900 et 9500



IntelliQuant & outils intelligents

Profil élémentaire complet :

- Scan semi-quantitatif de tous les éléments
- Détection des matrices inhabituelles
- Isotopes de confirmation accessibles en mode He

Outils de productivité :

- OCF : mise en évidence automatique des résultats hors limites
- EMF : alertes de maintenance prédictive
- ICP Go : interface mobile simplifiée

Ces technologies Agilent réduisent le temps de préparation et le risque d'erreur tout en améliorant la qualité des données

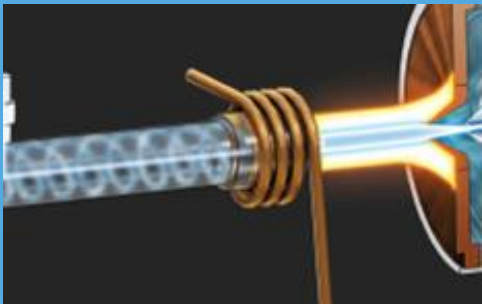
L'UHMI offre la plus grande robustesse / tolérance aux matrices chargées

Un plasma robuste, tolérant aux matrices

Simplifie la préparation et la dilution des échantillons

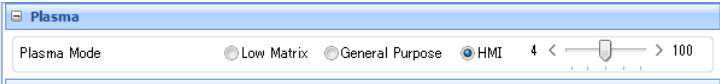
Réduit les dérives, les contaminations et la maintenance

Élimine le besoin de reconstitution de matrices

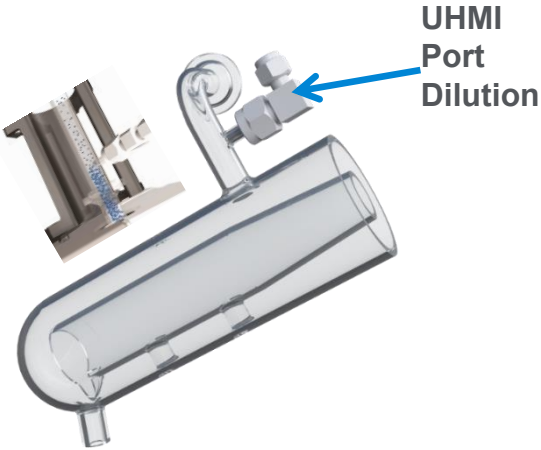


Large variété d'échantillons à analyser

- U-HMI : dilution gazeuse des échantillons pour l'analyse en direct de matrices chargées en sels dissous
- T° du plasma plus élevée pour de meilleures performances : stabilité, sensibilité, moins d'interférences, meilleurs recouvrements
- Utilisation et optimisation contrôlés automatiquement par le logiciel MassHunter



Charge en sels	U-HMI	Gaz de nébulisation	Gaz de dilution	CeO+/Ce+
< 2 g/L	HMI-0	1.05 L/min	0.0	< 1.5%
2 – 10 g/L	HMI-4 (HMI-L)	0.8 L/min	0.25 L/min	< 1.1%
10 – 20 g/L	HMI-8 (HMI-M)	0.68	0.37	< 0.8%
20 – 50 g/L	HMI-25 (HMI-H)	0.5	0.55	< 0.6%
50 – 100 g/L	HMI-50	0.4	0.65	< 0.5%
100 – 250 g/L	HMI-100	0.33	0.72	< 0.3%



Bonnes pratiques pour des résultats fiables



Étalons internes

Utiliser des EI appropriés (Y, In, Rh, Bi) pour compenser les dérives et effets de matrice en temps réel.



Sélection des raies / isotopes

Choisir les raies (OES) ou isotopes (MS) les moins interférés. Vérifier avec des isotopes/ λ de confirmation.



Contrôle qualité

CCV/CCB réguliers, échantillons certifiés (CRM), doublons et ajouts dosés pour valider l'exactitude.



Préparation d'échantillons

Digestion complète, filtration si nécessaire. Adapter l'acide aux analytes visés. Dilution appropriée.



Optimisation du plasma

Ajuster puissance RF, débit de gaz et position de la torche. Vérifier CeO/Ce et M^{2+} ratios en ICP-MS.



Utiliser les bons modes

He/KED pour le screening, modes réaction pour interférences spécifiques, MS/MS pour les cas complexes.

La clé : combiner les outils de correction Agilent avec une méthodologie analytique rigoureuse

- ✓ Les interférences sont inhérentes à l'ICP-OES et l'ICP-MS, mais elles sont aujourd'hui bien maîtrisées
- ✓ Agilent propose des solutions matérielles (ORS4, UHMI, MS/MS) et logicielles (FBC, FACT, MassHunter) complètes
- ✓ Le choix ICP-OES vs ICP-MS dépend des limites de détection requises et de la complexité de la matrice
- ✓ Une bonne méthodologie (étalons internes, CQ, sélection de raies) reste indispensable



Questions & Discussion

Merci de votre attention | Agilent Technologies

Agilent CrossLab

From Insight to Outcome