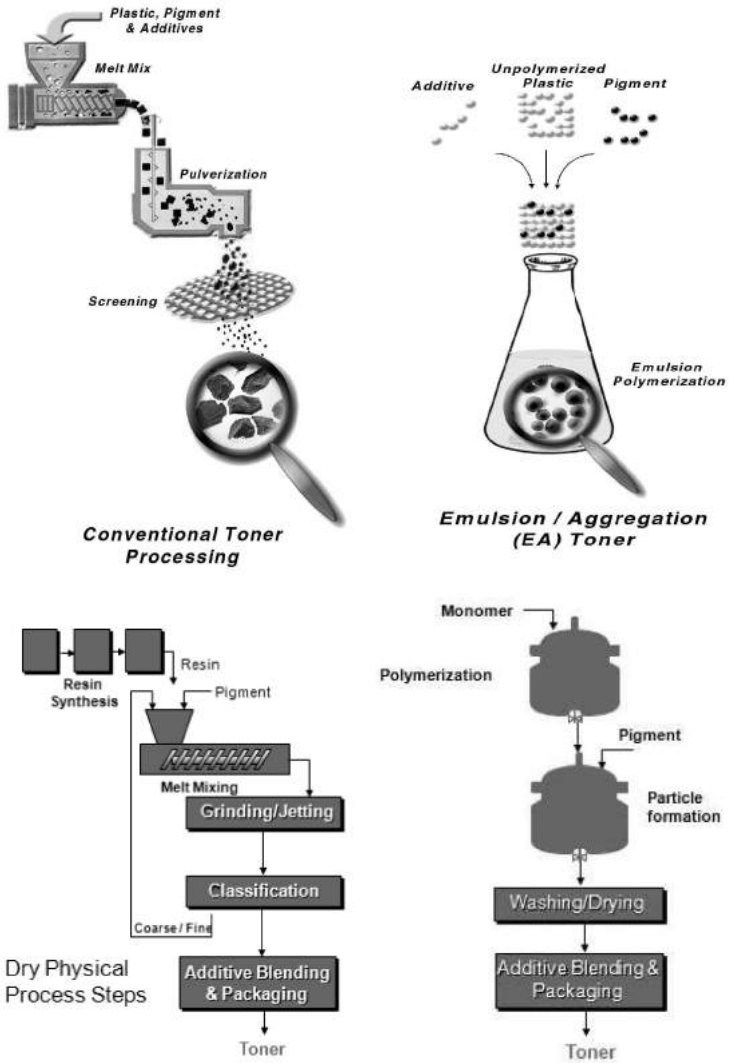
CORRIGÉ

I. Questions relatives à la conception du produit technique

Question I.1. Représentez graphiquement le procédé traditionnel et le nouveau procédé de fabrication du toner.
Réponse I.1.

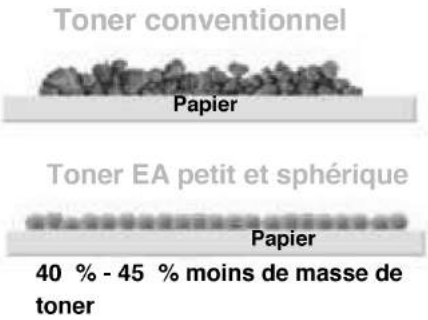
Toner fabriqué
par pulvérisation mécanique.

Toner fabriqué par procédé chimique
d'agrégation par émulsion.



Question I.2. Résumez les avantages de la nouvelle technologie, selon trois axes : la qualité de l'image imprimée, l'économie d'encre, les gains environnementaux à la fabrication de l'encre.
Réponse I.2. Chaque particule étant de la même forme et de la même taille, ce toner est conçu pour offrir une qualité d'image de niveau arts graphiques avec des détails de lignes fines très brillants.
Le toner EA nécessite jusqu'à 40 % à 45 % moins de toner sur la page qu'un toner classique et élimine les stries des images sans lubrifiant de four. Avec l'élimination du lubrifiant de four, le toner EA permet une apparence offset plus professionnelle et facilite l'écriture sur la page. Les notes de type « Post-it » y adhèrent également plus facilement.

Les avantages du toner EA
- Qualité d'image plus nette et amélioration des lignes fines et du texte
- Fiabilité accrue
- Délai de préchauffage de l'imprimante plus court
- Moins d'accumulation de déchets de toner



II. Questions relatives à la réalisation industrielle

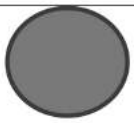
Question II.1. Que préconisez-vous à la société X. d'utiliser, et pourquoi ?
Question II.2. Dessinez la forme qu'aurait l'une de ces courbes en cumulé.
Question II.3. Pourquoi le diamètre moyen en nombre est-il inférieur au diamètre moyen en volume ?
Question II.4. Calculez les différents diamètres de sphères équivalentes (en volume, en surface, en surface/volume) pour un cube d'arête l = 1 (sans unité).
Question II.5. Quel est le sujet d'étude de la granulomorphie par rapport à celui de la granulométrie ?
Question II.6. Justifiez pourquoi la forme des particules de toner est aussi importante que leur taille.
Question II.7. Dessinez un schéma de la cellule de mesure, comprenant le système de canalisation et le système de capture d'images.
Question II.8. Quel est l'avantage d'une telle technique d'analyse par rapport à la microscopie ?
Question II.9. A partir du tableau de pixels ci-dessous, représentant le contour d'une particule, décrivez deux procédés pour estimer le périmètre de la particule en fonction du nombre de pixels :
a) en donnant à tous les pixels comptés un poids égal ;
b) en comptant une distance de 1 entre deux pixels côte-à-côte, et de 2 entre deux pixels de coin.
Question II.10. Calculez la circularité des trois formes géométriques suivantes :
a) Carré
b) Rectangle dont le rapport d'aspect (rapport hauteur sur largeur) est de 5
c) Rectangle dont le rapport d'aspect (rapport hauteur sur largeur) est de 10
Question II.11. Expliquez les désavantages d'une circularité inférieure, respective-

ment supérieure, à cette valeur typique, pour les particules de toner.

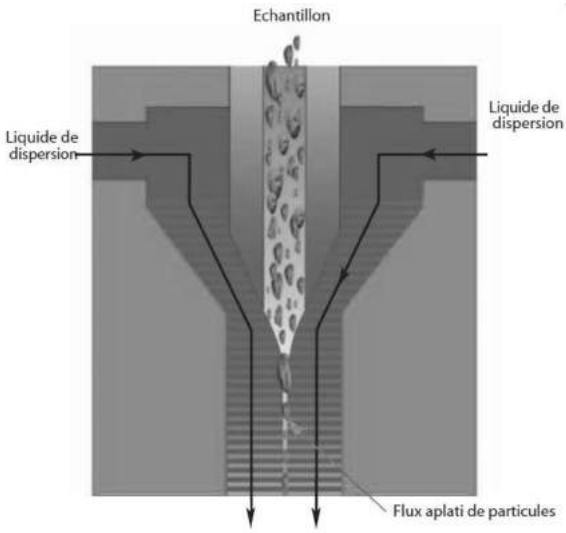
Question II.12. Sur quels critères la société X. devrait-elle prendre la décision d'acquérir ce nouveau type de granulomètre ?

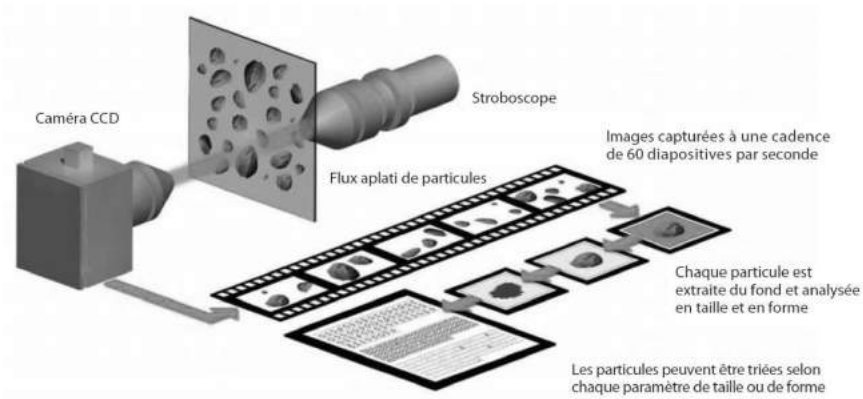
Réponses. En effet dans la moyenne en nombre, toutes les particules ont la même influence alors que dans la moyenne en volume, les particules les plus grosses en ont beaucoup plus (on peut se souvenir que le volume d'une particule de 10 µm est égal au volume de 1 000 particules de 1 µm).

	Cube	Sphère	Diamètre équivalent
Volume	l^3	$\pi d_v^3 / 6$	$d_v = 1{,}24$
Surface	$6 . l^2$	πd_a^2	$d_a = 1{,}38$
Surface spécifique	$6 / l$	$6 / d_{sv}$	$d_{sv} = 1$

Forme				
Rapport d'aspect		1 / 1	1 / 5	1 / 10
Circularité	1	0,886 227	0,660 555	0,509 545

En dessous de cette valeur, les particules de toner produisent des images de mauvaise qualité et se comportent comme des abrasifs, réduisant ainsi la durée de vie des mécanismes de l'imprimante. Au dessus de cet optimum (telles que des sphères parfaites ayant une circularité de 1), elles se comportent comme un lubrifiant et ne se transfèrent plus correctement sur le support d'impression.





L'analyse prend typiquement trois à cinq minutes comparées aux deux ou trois heures nécessaires quand on utilise des techniques traditionnelles telles que la microscopie.

III. Questions relatives à la gestion du processus industriel

Question III.1. Dans les faits, pensez-vous que l'intervalle de tolérance des valeurs mesurées par rapport au cahier des charges doive toujours être de 6 écarts-type (6 sigma). Pourquoi ?
Réponse III.1. Non, bien sûr. Dans les faits, l'intervalle de tolérance des valeurs mesurées par rapport au cahier des charges peut être de 3 sigma pour les moins critiques à 20 sigma pour les plus critiques.

Par exemple, la société X. pourrait considérer les investissements dans une ligne de produits (les toners à technologie d'agrégation par émulsion) ou bien dans une ligne de production spécifique, par rapport aux alternatives (autres lignes de pro-

duits, autres procédés de fabrication). Elle est à même d'estimer la prime de risque sur un procédé de fabrication dans les 5 ans à venir. Sinon, par défaut, elle se contentera d'utiliser son coût moyen des capitaux.

Question III.2. Calculez la valeur actualisée nette du projet sur les 5 ans à venir. Pour arriver au résultat final, vous effectuerez les calculs suivants (en faisant bien attention aux unités, que vous expliciterez) pour les années 0, 1, 2, 3, 4 :
Réponse III.2.

Année	Volume (tonnes)	Coût des matériaux (€/kg)	Frais généraux matériaux (€/kg)	Frais généraux usine (€/kg)	Côut total (€/kg)	Coût total de production si 0 % des lots sont en dehors des spécifications (K€)	Coût total de production si 5 % des lots sont en dehors des spécifications	Coût total de production si 1 % des lots sont en dehors des spécifications	Economies réalisées	Facteur d'actualisation	Valeur actualisée nette des économies réalisées	Coût du projet (K€)	Valeur actualisée nette du projet
2003	1 000	0,5	0,05	2	2,55	2 550	2 677,5	2 575,5	102	1	102,0	58	1 111
2004	2 000	0,5	0,05	1,9	2,45	4 900	5 145	4 949	196	0,870	170,4		
2005	3 500	0,5	0,05	1,6	2,15	7 525	7 901,25	7 600,25	301	0,756	227,6		
2006	6 500	0,5	0,05	1,2	1,75	11 375	11 943,75	11 488,75	455	0,658	299,2		
2007	12 000	0,5	0,05	0,8	1,35	16 200	17 010	16 362	648	0,572	370,5		

a) Temps réel (au lieu de 3 minutes pour la technique précédente)
b) Économie du temps de calibration
c) Économie des matériaux de calibration (par exemple, des particules de latex normalisées)
d) Coût total de possession de l'équipement (coût d'achat, de maintenance, de formation, etc.)

Question III.3. Déduisez-en la décision à prendre par la société X. concernant la réalisation de ce projet.
Réponse III.3. C'est le point a) qui semble déterminant, c'est éventuellement l'intérêt qu'il peut y avoir à suivre en temps réel de procédé d'émulsion- agrégation, de façon à intervenir sur la croissance des particules en fonction de leur taille ou de leur sphéricité.

Le point d) (coût de l'équipement) est un paramètre très important, bien plus que ne le sont les économies réalisées sur le temps de calibration du granulomètre ou sur les matériaux de calibration.